

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2012

VERONIKA OLIVÍKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Studijní program: N3106 Textilní inženýrství

Studijní obor: Textilní a oděvní technologie

**VLIV VLHKOSTI A TEPLoty NA TVAROVou STÁLOST
PLOŠNÝCH TEXTILÍ**

**THE INFLUENCE OF HUMIDITY AND TEMPERATURE
ON THE SHAPE STABILITY OF THE WOVEN FABRICS**

Bc. Veronika Olivíková

KOD/2012/06/10/MS

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Katarína Zelová

Rozsah práce:

Počet stran textu: 53

Počet obrázků: 53

Počet tabulek: 13

Počet stran příloh: 17

Vložit originál zadání

Zásady pro vypracování:

1. Proved'te rešerši zaměřenou na parametry ovlivňující mačkavost plošných textilií. Charakterizujte vliv teploty a vlhkosti na vlastnosti plošných textilií.
2. Charakterizujte mačkavost, zotavení textilie a druhy deformací vznikající v textiliích.
3. Experimentálně zhodno'te vliv teploty a vlhkosti na schopnost zotavení textilie a anizotropii mačkavosti. Schopnost zotavení zjistěte pomocí inovované metody měření úhlu zotavení pomocí web kamery.
4. Vyjádřete zotavení textilie jako funkci teploty a vlhkosti. Formulujte závěrečné zjištění o vlivu teploty a vlhkosti na jednotlivé složky deformace.

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci TUL nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum 7.5.2012

Podpis

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucí této diplomové práce Ing. Katarine Zelové za cenné rady, konzultace, připomínky, trpělivost, vstřícný přístup a poskytnuté materiály pro vypracování této diplomové práce.

Dále bych také chtěla poděkovat své rodině a přátelům. Byli mi oporou při mém studiu na vysoké škole. V neposlední řadě odbornému pracovníkovi panu Ing. Rudolfu Třešnákov, za proběhnuté měření v jeho laboratoři.

Anotace

Mačkavost plošné textilie je charakterizována jako prostorová deformace. Vznik deformace probíhá působením různých fyziologických vlivů, jako jsou teplota a vlhkost.

Cílem diplomové práce bylo seznámit čtenáře s anizotropií textilií a s parametry, které ovlivňují mačkavost. Dále se práce zabývala vlivem vlhkosti a teploty na tvarovou stálost plošné textilie. Vliv teploty a vlhkosti byl měřen pomocí inovované metody snímání úhlu zotavení. Tato metoda byla vyvinuta pro snímání úhlu zotavení v první sekundě. Hodnoty nasnímaných úhlů zotavení, byly zpracovány do grafů a následně vyhodnoceny elastickou, viskoelastickou a plastikou deformací.

Annotation

The wrinkling of the flat fabric is characterized by spatial deformation. The emergence of deformation is the action of various physiological effects, as temperature and humidity.

The aim of this diploma thesis was to acquaint the reader with anisotropy of fabrics and with the parameters affecting wrinkling. The thesis dealt with the influence of humidity and temperature on the dimensional stability of flat fabrics. The influence on temperature and humidity were measured by using an innovative method of scanning the angle of recovery. This method was developed for scanning the angle of recovery in the first second. The values of the scanned angles of recovery were transformed to the graphs and subsequently evaluated elastic, viscoelastic and plastic deformations.

Klíčová slova

Úhel zotavení, vlhkost, teplota, mačkavost, anizotropie

Key words

Angle of recovery, humidity, temperature, wrinkling, anisotropy

Seznam použitých zkratk

použitá zkratka	jednotky	význam zkratky
S zákrut	počet zákrutů na 1 cm	levý zákrut
Z zákrut	počet zákrutů na 1 cm	pravý zákrut
L-L	-	líc na líc
R-R	-	rub na rub
RH	%	relativní vlhkost
t_z	-	doba zatížení
t_0	°	doba odlehčení
α	°	úhel zotavení
CO	-	bavlna
T_o	tex	jemnost osnovních nití
D_o	nitě/10 cm	dostava ve směru osnovy
T_u	tex	jemnost útkových nití
D_u	nitě/10 cm	dostava ve směru útku
M_p	g/m^2	plošná hmotnost
α_1	°	úhel zotavení v 1 sekundě
α_{10}	°	úhel zotavení v 10 sekundě
α_{60}	°	úhel zotavení v 60 sekundě
α_{300}	°	úhel zotavení v 300 sekundě
ε_E	%	deformace elastická
ε_Z	%	deformace zotavená
ε_P	%	deformace plastická
r	%	relativní vlhkost vlákna
F	N	síla
m	g	hmotnost
v	%	hmotnostní přírůstek
WO	-	vlna
VI	-	viskóza
PL	-	polyester

Obsah

Úvod.....	9
1 Přehled současné literatury - rešerše.....	10
1.1 Parametry ovlivňující mačkavost.....	18
1.1.1 Vlákna.....	18
1.1.2 Příze	20
1.1.3 Konstrukce tkaniny	20
1.2 Charakteristika mačkavosti	20
1.3 Definice úhlu zotavení	21
1.4 Druhy deformací vznikající v textiliích, podmínky	21
2 Vliv vlhkosti a teploty na tvarovou stálost plošné textilie.....	24
2.1 Vliv vlhkosti na tvarovou stálost plošné textilie.....	24
2.2 Vliv teploty na plošnou textilií.....	28
2.3 Teplota a vlhkost organismu	30
3 Experimentální část.....	31
3.1 Charakteristika použitého materiálu	31
3.2 Charakteristika použité metody hodnocení mačkavosti.....	31
3.2.1 Inovovaná metoda snímání úhlu zotavení	32
3.2.2 Příprava vzorků.....	32
3.2.3 Podmínky zkoušky.....	33
3.2.4 Postup zkoušky	35
3.2.5 Měření úhlu zotavení v programu Nis Elements AR.....	36
3.3 Hodnocení vlivu vlhkosti a teploty na anizotropii zotavení textilie	37
3.4 Hodnocení vlivu vlhkosti a teploty na schopnost zotavení textilie.....	41
3.5 Vyjádření zotavení textilie jako funkce teploty a vlhkosti.....	49
3.6 Diskuze výsledků	51
4 Závěr.....	53
Použitá literatura	54
Seznam obrázků.....	56
Seznam tabulek	58
Seznam příloh	58
Přílohy.....	59

Úvod

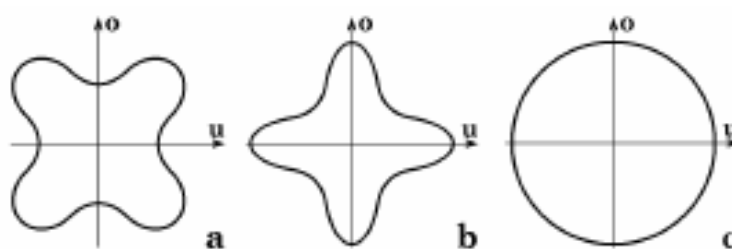
V historii měl vznik oděvu pro člověka nový význam, a to jeho ochranu před vnějšími vlivy okolního prostředí. Dříve se oděv pouze aranžoval, časem se postupně vše změnilo, a oděv začal plnit určité funkce, např. společenské, symbolické, estetické, reprezentační a mnoho jiných. Mezi důležité užité vlastnosti oděvu patří jeho trvanlivost, která poskytuje oděvu po jistou dobu nošení stálost barvy, odolnost, pevnost a pružnost.

V současné době se oděvní výrobek zhotovuje z různých oděvních materiálů. Ve většině případů je složen z vrchového, kapsového, podšívkového a výztužného materiálu. Důležité je splnění určité kvality výběrem materiálu a zpracováním do oděvního výrobku. Nežádoucí užitečnou vlastností oděvu je mačkavost. Záleží na struktuře vlákna, zpracování vlákenné suroviny a na konstrukci tkaniny. Mačkavost oděvu se projevuje působením vlivů, jako jsou teplota, relativní vlhkost a tlak, který je na textiliu vyvíjen. Projev mačkavosti je pouze přechodný jev, k jeho odstranění dochází relaxací oděvu.

Cílem diplomové práce bylo analyzovat různé působení relativních vlhkostí vzduchu a teplot na tvarovou stálost plošné textilie. Bylo využito inovované metody snímání úhlu zotavení. Experiment probíhal v několika etapách. Nejprve byly zkušební vzorky vystřiženy a následně klimatizovány. Poté byly zatíženy po dobu pěti minut. Při vyhodnocení výsledků byl u všech zkušebních vzorků sledován úhel zotavení v první a poslední sekundě. Vyhodnocení experimentu bylo provedeno pomocí anizotropie úhlu zotavení v třísté sekundě a hodnotila se také závislost úhlu zotavení na čase a schopnost relaxace zkušebních vzorků. Dále byly vyjádřeny deformace, které vznikají v plošné textiliu během zatížení.

1 Přehled současné literatury - řešerše

Problematika mačkavosti, tzv. úhlu zotavení, je řešena vědci dlouhá léta. Snaží se o stanovení a formulaci různých teorií a metod, které by dokázaly simulovat reálné mačkání tkaniny za působení různých vlivů. Mačkavost oděvní textilie neprobíhá pouze ve směru osnovy a útku, ale také i v ostatních směrech textilie. Dle Kováře [7] je „...*vliv směru na různé vlastnosti u textilií výraznější nežli u jiných běžných materiálů*...“. Anizotropní vlastnosti plošné textilie jsou ovlivněny nerovnoměrnou orientací vláken a nití v různých směrech textilie. Toto nerovnoměrné rozložení je směrově závislé. Z toho vyplývá definice anizotropie, která se projevuje závislostí vlastností látek na volbě směru. Může být vyjádřena kvantitativně nebo zobrazena graficky. Kvantitativní anizotropie lze popsat stupněm anizotropie, který nabývá hodnot od 0 do 1. Dokonale izotropní materiál se projevuje ve všech směrech stejně a anizotropní materiál v různých směrech různě [7]. Grafické vyjádření anizotropie znázorňuje polární diagram obrázek 1.

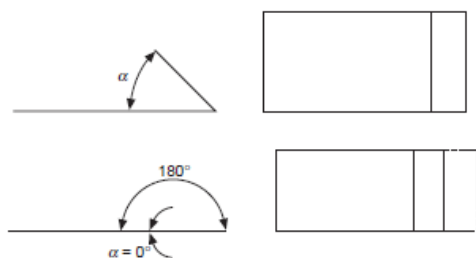


Obrázek 1: Různé tvary polárního diagramu [7]

Polární diagram ve tvaru čtyřlístku (1a) popisuje namáhání tkaniny ve směru osnovy a útku, které bylo na rozdíl od diagonálního směru menší. Pro modul počáteční deformace (1b) tomu bylo naopak. Kruhový tvar polárního diagramu (1c) znázorňuje izotropní materiál [7].

Anizotropií se zabývali výzkumní pracovníci z bělehradské Fakulty technologické a metalurgie M. D. Nikolic a Mihailovic v roce 1999 [5], kteří provedli experiment úhlu zotavení vlněné tkaniny v různých směrech. Zkušební materiál se lišil jak jemností použité příze ve směru osnovy a útku, tak použitou vazbou. Pracovníci zvolili tři druhy tkaných vazeb, plátnovou, 2/2 keprovou a křížovou keprovou. Zkušební tvar vzorků byl obdélníkový o rozměrech 20 x 50 mm, viz obrázek 2. Na přehnutou část

vzorku o délce 10 mm působilo zatížení 9,81 N po dobu 60 minut. Po sejmutí závaží byl měřen úhel zotavení po 5 minutách α_5 , 60 minutách α_{60} a 24 hodinách $\alpha_{1,440}$ v různých diagonálních směrech 30 °, 45 °, 60 ° a ve směru osnovy a útku. Výsledné hodnoty z měření byly zpracovány do polárních diagramů. Úhly zotavení byly vypočteny na základě získaných průměrných hodnot. Tkanina v plátnové vazbě znázorňuje úhel zotavení ve směru útku, obrázek 3.

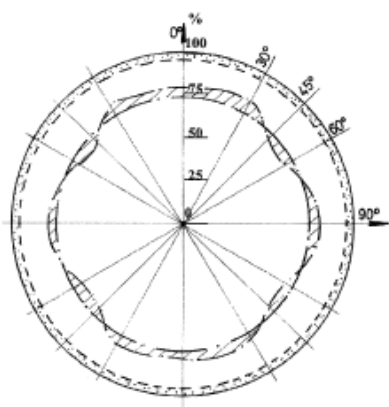


Obrázek 2: Příprava zkušebních vzorků [5]



Obrázek 3: Plátnová vazba [5]

Pozitivní odchýlení od průměrné hodnoty elastické deformace ve směru útku vykazuje také kepr 2/2 a křížový kepr. Naopak záporné odchýlení od průměrné hodnoty elastické deformace bylo zaznamenáno jak u kepru 2/2, tak u křížového kepru pod úhlem 45 °, viz obrázek 4 a 5.



Obrázek 4: Képrová vazba 2/2 [5]



Obrázek 5: Křížový kepr [5]

Vyhodnocením experimentu bylo zjištěno, že parametry tkaniny neovlivňují výpočty elastické, viskoelastické a plastické deformace. Jednotlivé deformace

se projevily přibližně stejnou relaxační rychlostí vzorku. Složky deformací měly vliv pouze u počátečního zotavení zkušební vzorku.

Chapman a Hearle [15] z článku Merati analyzovali ohýbání a mačkání tkanin a dospěli k závěru, že pokud byla tkanina pomačkaná podél přízí, následné zotavení textilie proběhlo do původního stavu. Jestliže byla tkanina zmačkaná v ruce nebo šikmém směru, vytvořené záhyby zůstaly na plošné textilii.

V dalším výzkumu se Merati a Patir [15] zabývali analyzováním anizotropie mačkavosti tkanin. Mačkavost textilie byla ve větší míře ovlivněna zákrutovým směrem, použitou vazbou a stupněm zakroucení. Experiment vědci zaměřili pouze na plátňovou vazbu a zvolené nejdůležitější vlivy účinných faktorů:

- stupeň zakroucení,
- směr zákrutu,
- zkušební směr na anizotropii textilií.

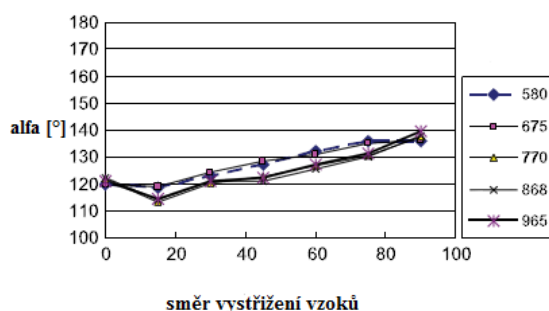
Zvolený materiál byl 100% mykaná bavlněná příze a tvar zkušebních vzorků i pro tento experiment byl obdélníkový o velikosti 50 mm x 25 mm. Použité zákrutové úrovně v útkových nitích byly 580, 675, 770, 868 a 965. Zkušební vzorky se přehýbaly dvěma způsoby L-L a R-R a následně byly zatíženy závažím o hmotnosti 2 kg po dobu jedné minuty [15]. Teorie popisuje, že uvnitř struktury staplové příze docházelo k posuvu vláken, a to vedlo k trvalé deformaci tkaniny. Čím více byla příze zakroucená, tím méně se projevoval posuv vláken.

Závislosti úhlu zotavení na směru vystřížení vzorků a různé stupně zakroucení ve směru S a Z pro útkové příze jsou znázorněny na obrázcích 6, 7, 8 a 9. Z obrázků je patrné, že úhel zotavení textilie se zvýšil se zvyšujícím se stupněm zakroucení ve všech zkušebních směrech [15].

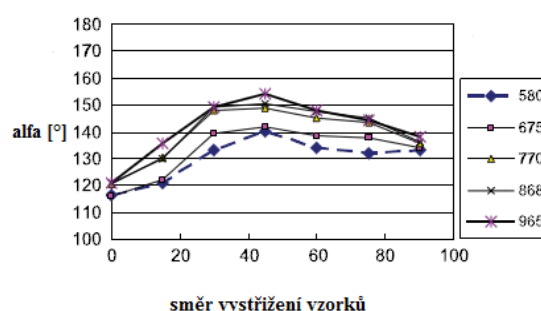
Výsledné hodnoty úhlů zotavení v níže uvedených obrázcích 6 – 9 znázorňují rozdílné zotavení textilie podle provedeného způsobu přehýbání vzorků L-L nebo R-R. Obrázek 6 znázorňuje úhel zotavení při přehýbání vzorku L-L a směr zákrutu Z, zotavení textilie se projevuje od 0 ° do 90 ° v lineárním trendu. Při přehýbání textilie L-L se směrem zákrutu S dochází k nejvyššímu úhlu zotavení v diagonálních směrech textilie, viz obrázek 7.

V diagonálním směru 45 ° se projevilo konvexní zakřivení [15]. Závěry

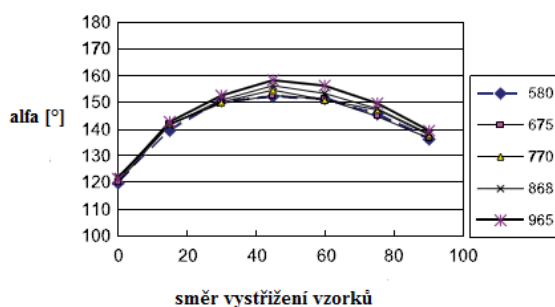
podobného typu byly pozorovány i u obrázku 8, kde byl směr zákrutu Z a následné složení vzorku R-R. Nejvyšší zotavení textilie bylo opět ve směru diagonálním. Obrázek 9 znázorňuje úhel zotavení textilie při přeložení zkušebních vzorků R-R a se směrem zákrutu S v útkové přízi. Projevuje se zde nižší zotavení textilie v diagonálním směru než u obrázku č. 8 [15].



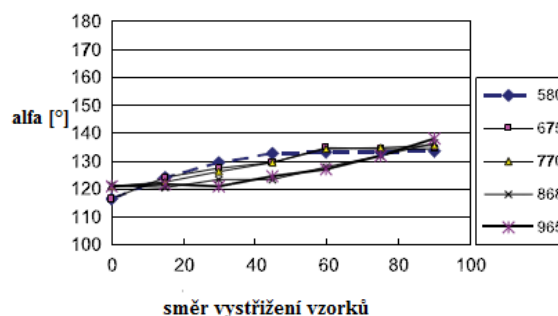
Obrázek 6: Závislost úhlu zotavení na směru vystřížení vzorků s různou zákrutovou úrovní Z-Lic[15]



Obrázek 7: Závislost úhlu zotavení na směru vystřížení vzorků s různou zákrutovou úrovní S-Lic[15]



Obrázek 8: Závislost úhlu zotavení na směru vystřížení vzorků s různou zákrutovou úrovní Z-Rub[15]



Obrázek 9: Závislost úhlu zotavení na směru vystřížení vzorků s různou zákrutovou úrovní S-Rub[15]

Z provedených experimentů vyplývá, že nejvyšší anizotropie textilie se projevila ve směru natočení 45°. Úhel zotavení se lišil v různých směrech a závisel na způsobu přehýbání zkušebních vzorků a na stupni zakroucení příze [15].

Dále byla anizotropie zkoumána skupinou vědců K. E. Perepekin, S. A. Neklyudova a N. A. Smirnova [16], kteří se zabývali mačkovostí syntetických a směsových materiálů.

Experiment obsahoval následující materiály:

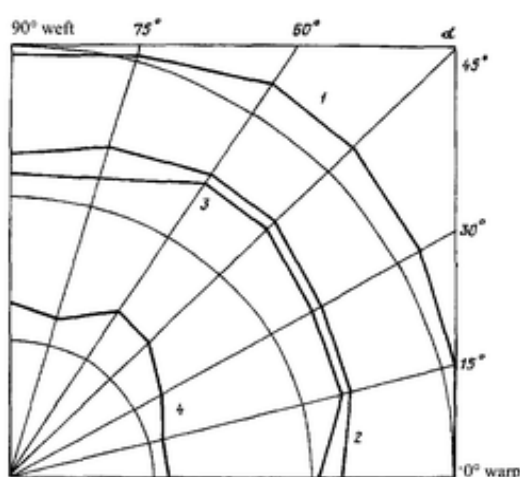
- 100 % polyester (1),
- 70 % polyester / 30 % len (2),
- 50 % polyester / 50 % len (3),
- 100 % len (4).

Zkušební vzorky byly vystříženy ve směru osnovy a útku a pro úhly 15 °, 30 °, 45 °, 60 °, 75 °. Podmínky relativní vlhkosti vzduchu a teploty, za kterých se prováděl experiment, jsou uvedeny v tabulce 1.

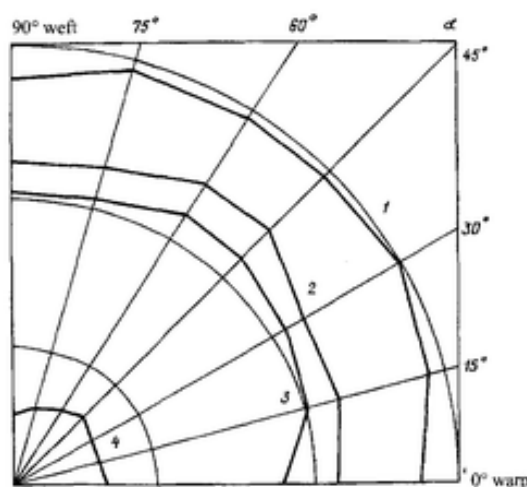
Tabulka 1: Podmínky provedené studie

	RH [%]	Teplota [°C]
Standardní prostředí	65	20±2
Vlhké prostředí	98	20±2

Nejvyšší úhel zotavení byl ve směru 60 ° u 100% polyesterové tkaniny za působení standardních klimatických podmínek, což znamená nízkou mačkavost syntetické textilie, viz obrázek 10. Naopak nejvyšší mačkavost byla zaznamenána u 100% lněné textilie. Obrázek 11 znázorňuje působení relativní vlhkosti 98 % a zároveň nižší zotavení textilie, které postupně zaniká. Hodnoty úhlu zotavení u 100% polyesterové tkaniny byly po zatížení velmi podobné, zatímco u lněných tkanin se stoupající vlhkostí klesal úhel zotavení. Nejnižší úhel zotavení byl zaznamenán ve směru 0 ° a 90 °, naopak nejvyšší úhel zotavení byl ve směru diagonálním 45 °[16].



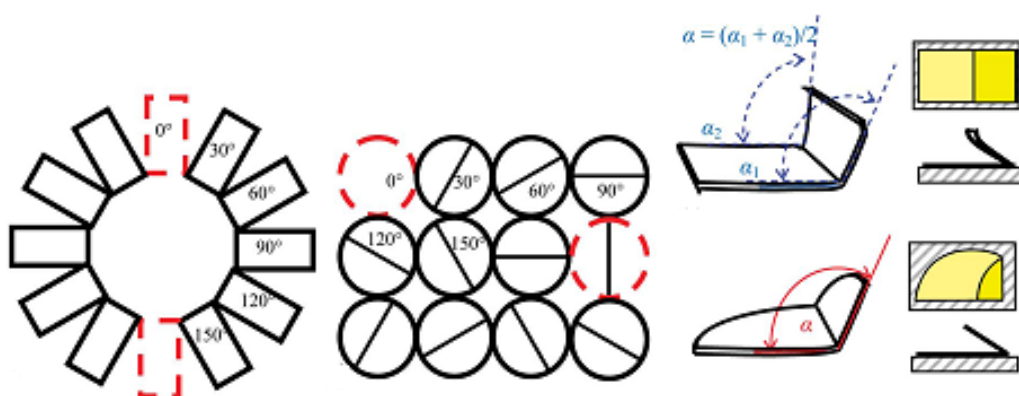
Obrázek 10: Standardní prostředí [16]



Obrázek 11: Vlhké prostředí [16]

Studií vědci zjistili, že se stoupající vlhkostí se snižoval úhel zotavení textilie, viz obrázek 11. Syntetická vlákna v textilií neabsorbovala vlhkost, proto polyesterové tkaniny měly minimální mačkavost. Zadržení vlhkosti v pórech způsobilo mačkavost plošné textilie a následné zpoždění úhlu zotavení. Z toho vyplývá nízká mačkavost pro 100% polyesterové materiály a naopak vysoká nasákavost a mačkavost pro 100% lněné textilie [16].

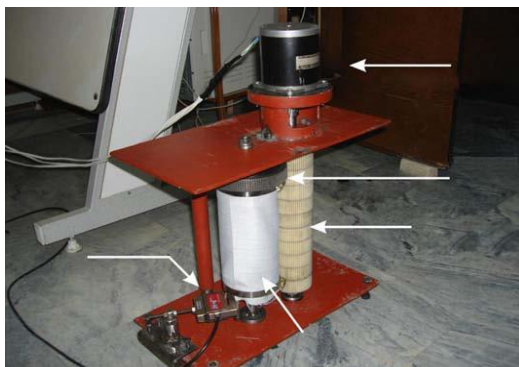
Další publikace se věnovala inovované metodě úhlu zotavení, která byla vytvořena autorkami K. Zelovou a L. Fridrichovou. K. Zelová a L. Fridrichová [3] se ve své práci zabývaly tvarem zkušebních vzorků a porovnávaly výsledné hodnoty Sommerovy metody s inovovanou metodou snímání úhlu zotavení pro různé druhy oděvních materiálů. Zkoumaly optimální tvar vzorků a zjistily, že nevhodný tvar je obdélníkový, a dále pracovaly pouze s kruhovým tvarem, viz obrázek 12. Zvolení kruhového tvaru vzorku a jeho různé natočení o 30 ° přibližuje reálné chování textilie. Dalším inovovaným krokem této metody bylo snímání úhlu zotavení pomocí webové kamery, místo použití ručního způsobu.



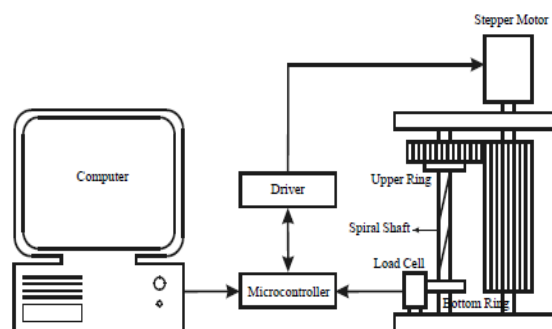
Obrázek 12: Inovovaný tvar zkušebních vzorků [3]

Vzorky byly 100% bavlněné a rozdělené do dvou sad. První sada obsahovala různé příze jak ve směru osnovy, tak ve směru útku a také různé vazby. Druhá sada se skládala pouze z jednoho druhu přízi ve směru osnovy i útku. Výsledné hodnoty inovované metody byly shodné s naměřenými hodnotami úhlu zotavení Sommerovou metodou. Úhel zotavení byl ovlivněn různým počtem vláken v tkanině a použitou vazbou. U plátnové vazby bylo zjištěno snížení úhlu zotavení ve směru útku. Nejvyšší úhel zotavení se projevil v diagonálním směru.

Jinou metodu měření provedlo textilní oddělení v Teheránu v roce 2008 [6], které se zabývalo metodou dutého válce. Výzkum obsahoval 13 různých tkaných keprových tkanin. Cílem této metody bylo provést měření tangenciálních sil proti pomačkání textilie. Metoda dutého válce byla použita pro zjištění vlivu kroucení a kompresního tlaku na tkaninu. Testr využitý pro tento výzkum je znázorněn na obrázku 13 a 14.



Obrázek 13: Testr AATCC[6]



Obrázek 14: Schéma testru AATCC[6]

Zkušební přístroj zahrnuje dvě hlavní elektrické a mechanické součásti, dolní a horní prstenec o průměru 90 mm a počítač. Zkušební vzorek o rozměru 290 x 160 mm byl umístěn do válcové formy mezi dva kruhové prstence za působení konstantní síly o velikosti 2 N. Naměřená data byla exportována do počítače a zpracována v programu Matlab. Simulaci prováděného experimentu znázorňuje obrázek 15. Záhyby na tkanině byly vytvářeny otáčením horního prstence a jeho posuvem směrem dolů. Výsledky testů prokázaly, že záhybová síla ve směru osnovy byla mnohem vyšší než ve směru útku, a to z důvodu vyšší tvárnosti a ohybu textilie ve směru osnovy. Zkušební vzorky byly zatěžovány jak s nejvyšší, tak s nejnižší silou ve směru osnovy.

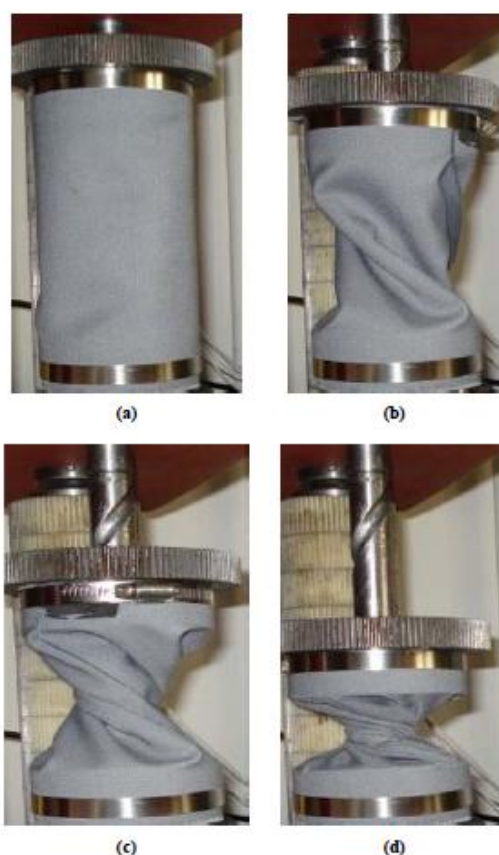
Z výsledků vyplývá, že oděvní textilie s obsahem 55 % PL a 45 % WO měla vyšší tvárnost ve směru osnovy. Naopak nižší tvárnost byla prokázána u oděvní textilie s obsahem 65 % PL a 35 % VI. Polyesterová vlákna se vyznačovala vyšší tuhostí na rozdíl od vláken vlněných a viskózových.

Současně byl zjišťován vliv rotační úrovně na tvarové vlastnosti plošné textilie ve směru osnovy a útku.

Testované rotační úrovně byly:

- 6,81 otáček/m,
- 9 otáček/m,
- 10 otáček/m,
- 25 otáček/m.

Bylo prokázáno, že u všech testovaných vzorků se s rostoucím rotačním stupněm síla a energie zvýšily ve směru osnovy. Jak již bylo zmíněno, bylo to dáno použitými polyesterovými vlákny, které měly vyšší tuhost.



Obrázek 15: Proces generace záhybů ve směru osnovy s 9,10 otáček/m a) $\theta = 0^\circ$, b) $\theta = 150^\circ$, c) $\theta = 300^\circ$, d) $\theta = 350^\circ$

Staněk se věnoval problematice [13], měření jak na měřicích zařízeních, tak i na vybraných zkušebních osobách. Měření na zkušebních osobách v sobě zahrnovalo řadu nevýhod, např. rozdílnost tělesných reakcí, které byly dané individualitou člověka, obtížnost výběru zkušebních osob a v neposlední řadě bylo důležité vyhodnocení míry zátěže. Zkušební zařízení mělo větší variabilitu pro volbu fyzikálních podmínek, typu

zkušebního vzorku, velikosti, tvaru a vyhodnocení.

Dále se ve své práci zabýval vlivem vlhkosti a teploty při sezení a následném zmačknutí oděvní textilie. Byly zvoleny tři typy sedacích podložek:

- dřevěný,
- koženkový,
- čalouněný povrch.

Na tyto podložky byl vyvíjen konstantní tlak 7,2 kPa. U dřevěného povrchu přijímal oděvní vzorek největší množství kapilární vody, díky kondensaci vlhkosti, která byla způsobena vysokou tepelnou setrvačností. U koženkového povrchu sedací podložky docházelo k pohlcení tepla a vlhkosti do zkušebního vzorku. U čalouněného povrchu pronikalo teplo i vlhkosti přes vzorek do čalouněného povrchu. Ke snížení sorpce vláken docházelo rostoucí teplotou. Maximální vliv teploty na mačkavost textilie se projevil u čalouněné sedací podložky, ale naopak minimální vliv teploty na mačkavost textilie byl u sedací podložky dřevěné. U vlivu vlhkosti na mačkavost textilie byl výsledek u povrchů sedacích podložek opačný.

Pro hodnocení mačkavosti byly využity dvě metody:

- metoda dutého válce,
- inovovaná metoda snímání úhlu zotavení.

Bylo zjištěno, že mačkavost textilií byla ovlivněna materiálovým složením, konstrukcí plošné textilie, způsobem přehýbání zkušebních vzorků L-L nebo R-R, směrem zákrutů Z nebo S a počtem zákrutů. Dále bylo experimentálně prokázáno, že mačkavost textilie byla ovlivněna rovněž teplotou a vlhkostí v souvislosti s druhem materiálů, se kterými byla textilie v kontaktu během experimentu.

1.1 Parametry ovlivňující mačkavost

Větší či menší mačkavost může být ovlivněna použitými vlákny, přízí a tkaninou. Mačkavost textilních materiálů se spojuje s fyzikálně-mechanickými a chemickými vlastnostmi vláken a morfologickou stavbou vlákna [12].

1.1.1 Vlákná

Textilní vlákna se rozdělují na přírodní, syntetická nebo směsová. Přírodní vlákna se projevují vyšší mačkavostí plošné textilie než vlákna syntetická.

Sochor [12] se ve své práci zabýval strukturou vlákna, u kterého záleží na vzájemném uspořádání amorfních a krystalických oblastí. Krystalická oblast uvnitř vláken a amorfní oblast orientovaná na povrchu vláken udávají lepší pružnost a ohebnost. Z toho vyplývá, že vlákna tohoto typu jsou méně mačková než vlákna, která mají opačné uspořádání krystalických a amorfních oblastí.

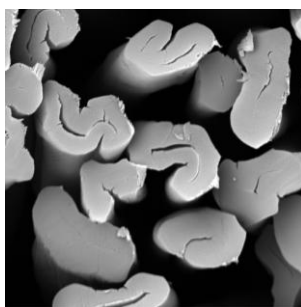
Mačkovost tkaniny dále ovlivňuje tvar vlákna. Příčný kruhový průřez vlákna značí menší mačkovost. Naopak vlákna s eliptickým, ledvinovitým a hvězdicovitým průřezem mají vyšší mačkovost. Mačkovost textilních materiálů roste v této posloupnosti:

- vlna,
- přírodní hedvábí,
- bavlna,
- lýková vlákna – len.

Šupinatý a střechovitě uspořádaný povrch charakterizuje vlněné vlákno. Pružnost a ohebnost těchto vláken spojuje uspořádání fibril uvnitř vlákna. Z toho vyplývá nižší mačkovost plošné textilie.

Přírodní hedvábí je nemačkové a vysoce pevné textilní vlákno. Od vlny se liší svojí strukturou.

Ve vlákně regenerované celulózy dochází k větší orientaci micel a zároveň k těsnějšímu uspořádání, což má za následek vyšší mačkovost, ale nižší elasticnost ohybu. Celulózová vlákna jsou známá svou vysokou navlhavostí, která je typická pro regenerovanou celulózu. Vázáním vody do vláken dochází k nabobtnání materiálu a změně vnitřních vazebních sil ve vláknech. Z toho vyplývá, že u celulózových vláken roste její plastická deformace a pevnost za mokra. Obrázek 16 znázorňuje řez bavlněného vlákna [12].



Obrázek 16: Bavlněné vlákno[20]

1.1.2 Příze

Příze je charakterizována šroubovitým zákrutem, který udává její soudržnost. Rozdíl je mezi ostře kroucenými a velmi málo kroucenými přízemi. Ostře kroucené příze při namáhání dosahují snadněji hranic pružnosti a tažnosti. Zároveň při tomto namáhání vznikají trvalé deformace. U přízí s menším počtem zákrutů dochází k většímu zmačkání. Je to dáno jejich volnější stavbou a malou vazbou jednotlivých vláken. U jemné příze dochází k ostřejšímu ohybu textilie než u příze hrubé [12].

1.1.3 Konstrukce tkaniny

Mezi důležité parametry patří vhodně zvolená konstrukce tkaniny. Většinou platí, že při použití komplikovanější vazby dochází k nižší mačkavosti tkaniny. Velký vliv má také optický vzhled. U tkanin s pestrým vzorem nebo tkanin s vlasem a počesaných je i vyšší mačkavost na pohled méně patrná než u tkanin jednobarevných, hladkých a lesklých [12].

1.2 Charakteristika mačkavosti

Mačkavost je výhradně vlastnost plošných textilií. Řadí se do užitných estetických vlastností. Spotřebitel ji vnímá a hodnotí jako zápornou vlastnost. Projevuje se přechodnou deformací, která vzniká tlakem při užívání oděvního výrobku. Staněk [13] ve své práci uvádí, že spotřebitel se zajímá především o chování oděvů během jejich celodenního nošení, jak se v něm cítí v průběhu dne, a jestli deformace na oděvu po vyvěšení zmizí. Při dosažení snížení plastické složky deformace lze zvýšit kvalitu a reprezentační hodnotu oděvu.

Mačkavost byla dříve zjišťována metodou UMAK. Podstata této metody spočívala v přeložení zkušební vzorku o 180 ° a jeho zatížení po dobu 60 minut. Po odlehčení zkušební vzorku následovalo ruční měření úhlu zotavení, které se provádělo po 5 a 60 minutách [17]. Metoda UMAK byla později nahrazena normou ČSN EN 22313. Evropská norma popisuje „...že u určitých druhů plošných textilií ohebných (měkkých), tlustých, a se sklonem ke kroucení lze velmi obtížně zjistit úhel mačkavosti, a proto může vést k nepřesnosti. To se stává u mnoha tkanin z vlny a směsí s vlnou...“. Zkušební vzorky se odebírají nejméně 50 mm od kraje a jejich tvar

je obdélníkový. Metoda je založena na principu schopnosti zotavení horizontálně složeného vzorku. Klimatizování zkušebních vzorků probíhá 24 hodin při podmínkách podle ISO 139, jak uvádí tabulka 2. Norma doporučuje zkušební vzorky vložit na drátěnou podložku a nevystavovat vyšší teplotě než 50 °C. Samotné zatížení probíhá 5 minut. Následný úhel zotavení se měří také po 5 minutách a je udán ve stupních [°][18].

Tabulka 2: Klimatizování vzorků

RH [%]	Teplota [°C]
65±2	20±2
90±2	35±2

1.3 Definice úhlu zotavení

Definice úhlu zotavení, dle normy ČSN EN 22313 [18], „...je úhel, který se vytvoří po odstranění zatížení mezi rameny přeloženého proužku plošné textilie zatíženého po stanovenou dobu za předepsaných podmínek...“. Úhel zotavení tkaniny je udán ve stupních [°]. Čím je nižší úhel zotavení, tím vyšší je mačkavost plošné textilie.

Podle Kováře [7] při ohybu textilie většinou dochází ke změně průřezu nitě, kruhový průřez nitě se zmenšuje a dochází k oválnému nebo eliptickému průřezu. Ohybová tuhost nitě se mění při upnutí a následném přehnutí a zatížení. Při deformaci průřezu nitě se začínají měnit místa kontaktu vnitřního tření nitě. Dochází k posouvání vláken, jejich vzájemnému tření a následné fixaci. Po zploštění nitě se dosahuje zpevnění nití a zároveň větších vnitřních třecích sil mezi nitěmi. Při ohybu se vnější strana vlákna protahuje a vnitřní strana vlákna se zkracuje.

1.4 Druhy deformací vznikajících v textiliích, podmínky

Při zjišťování mačkavosti plošné textilie působí větší zatěžovací síly. Působení těchto sil udává vznik plastické deformace, která vytvoří záhyb nebo zmačkání na textili. Při součtu každé deformace elastické, plastické a zotavené vzniká celková deformace, která je dána vztahem [19]:

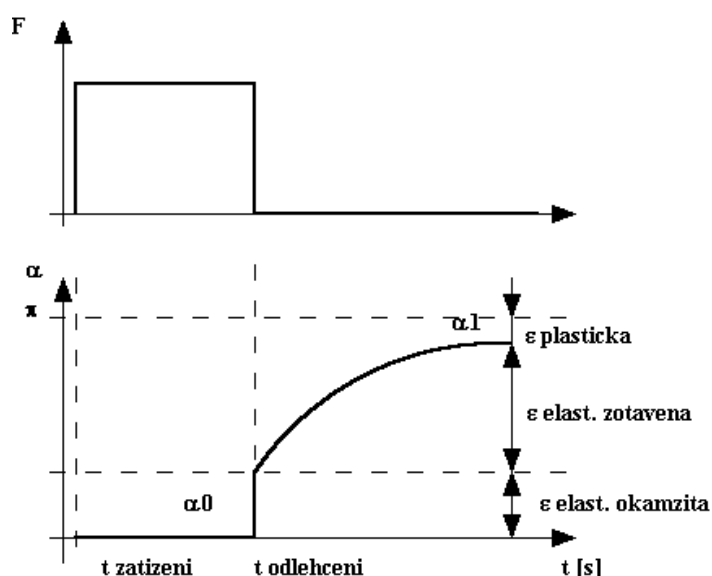
$$\varepsilon_C = \varepsilon_E + \varepsilon_Z + \varepsilon_P \quad [\%]$$

kde ε_C ...celková deformace [%],
 ε_E ...elastická deformace [%],
 ε_Z ...zotavená (viskoelastická) deformace [%],
 ε_P ...plastická deformace [%] [2].

V závislosti na různé velikosti závaží, teplotě a vlhkosti se projevují následující deformace:

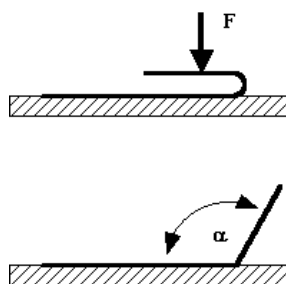
- **Elastická deformace** – jedná se o dokonale vratnou, časově nezávislou a okamžitou deformaci. Po sejmutí zatěžovacího závaží má tato deformace schopnost okamžitě se navrátit do původního stavu [10].
- **Viskoelastická deformace** – nazývaná zpožděná deformace, která potřebuje určitý čas pro své zotavení. U některých textilních vláken je toto zotavení zdlouhavé. Viskoelastická deformace se používá především pro tvarování oděvních materiálů [10].
- **Plastická deformace** – zůstává časově závislá a patří mezi trvalé deformace na textilním vlákne [10].

Obrázek 17 zobrazuje průběh křivky deformace po odlehčení zkušebního vzorku. Křivka je složena z elastické okamžité, elastické zotavené a plastické deformace.



Obrázek 17: Průběh deformace po odlehčení vzorku [2]

Simulaci deformace lze provést ohybem proužku textilie a vložením závaží o hmotnosti m . Vložené závaží vytvoří sílu F , která působí určitou dobu t_z po celé ploše zatíženého proužku textilie. Po uplynutí doby se závaží odebere v čase t_0 . Od času t_0 nastane sledování proužku, který se začne zotavovat o určitý úhel α_0 . Vzniká okamžitá elastická deformace, viz obrázek 18. Po delším časovém pozorování se proužek přestane zotavovat a zůstane v tzv. konečné pozici, která je složena z plastické a elastické deformace [19].



Obrázek 18: Simulace deformace - mačkavost [2]

Sochor [12] se při měření mačkavosti tkanin zabýval deformací přeloženého vzorku, která je ovlivněna způsobem namáhání a velikostí zatížení. Přeložením zkušební vzorku dochází k nahuštění materiálu v místě přehybu, proto je zapotřebí rovnoměrné konstantní zatížení vzorku. Zjistil, že pokud je použito vyšší závaží než 1 kg, vliv zatížení je nepatrný. Zotavení zkušebních vzorků by také nemělo být kratší dobu než 3 minuty, doporučená doba je 3 až 15 minut. Důvodem je rozevírání vzorků, u kterých po odlehčení dochází k jejich rychlému a následně pomalému zotavení.

2 Vliv vlhkosti a teploty na tvarovou stálost plošné textilie

Deformace oděvních textilií jsou ovlivněny také vlhkostí a teplotou. Jejich působením vznikají v textiliích jak vnější, tak vnitřní síly, které deformační účinek na textilií zvyšují [13].

2.1 Vliv vlhkosti na tvarovou stálost plošné textilie

Při studiu vlivu vlhkosti na tvarovou stálost plošné textilie je důležité vzít v úvahu, že vliv vlhkosti na samotná vlákna je odlišný od vlivu vlhkosti na plošnou textilií. Změny vlastností vláken, ke kterým došlo vlivem vlhkosti, se ale samozřejmě projevují ve změnách vlastností plošných textilií [13].

Zjišťováním obsahu vlhkosti v textiliích se zabýval K. Mudruněk [12], píše, že pokud jsou „...vlákna vlhčí než okolí, pak vlhkost postupně uvolňují a předávají...“. Při změně relativní vlhkosti vzduchu dochází ke změně obsahu vlhkosti ve vláknech.

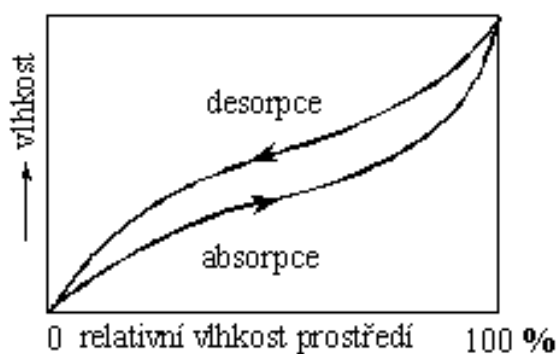
Definice relativní vlhkosti RH [%] je „...dána poměrem mezi skutečným a maximálním, nasyceným obsahem vody ve vzduchu...“. Relativní vlhkost je nejčastěji udávána v procentech 0 – 100 % a vyjadřuje procentní nasycení suchého vzorku vodní parou. Maximální možné množství páry obsahuje vzduch při relativní vlhkosti 100 % [4].

Vlhkost u textilních vláken se projevuje přijímáním - sorpcí určitého množství plynů, par a kapalin. Podmínkou pro uskutečnění sorpce je přítomnost sorpčních center ve vláknech. Sorpční centra se nacházejí uvnitř i na povrchu vláken. Výskyt molekul vody ve vláknech je podmíněn sorpcí vlhkosti do vláken [10]. Sorpce vláken je popsána dvěma ději – nevratným a vratným. Nevratný – ireversibilní proces, při kterém se do molekulární struktury trvale naváže kapalina nebo plyn. U vratného – reversibilního děje dochází k vazbám nestálým, které se při změně fyzikálních podmínek dají zrušit [8]. Podle schopnosti přijímání vlhkosti jsou vlákna dělena na hydrofilní a hydrofobní. Hydrofobní vlákna při relativní vlhkosti vzduchu 100 % vodu prakticky nepřijímají, např. syntetická vlákna. Hydrofilní vlákna, jako jsou např. bavlna, len a další, naopak vodu do své struktury přijímají.

U hydrofilních vláken dochází nejprve k adsorpci, kdy molekuly vody difundují

do vlákna, to znamená, že dojde ke kontaktu vody a povrchu vlákna. Po adsorpci následuje absorpce, což je pronikání molekul vody přímo do jádra vlákna. Vliv vlhkosti na samotná vlákna vyjadřuje sorpční izoterma, která vystihuje závislost mezi relativní vlhkostí vzduchu RH a relativní vlhkostí vlákna r . Při zvyšování relativní vlhkosti vzduchu RH vzrůstá i relativní vlhkost vlákna r [8].

Průběh dějů absorpce a desorpce je schematicky znázorněn na obrázku 19. Absorpce se projevuje nasycením povrchových vrstev vláken, a dále dochází k přemístění vody do jádra vlákna a v poslední fázi do kapilár. Desorpce je dějem opačným. Nejprve dochází k úniku kapilární vody z vlákna, poté následuje pohyb molekul vody směrem k povrchu vlákna a pak dochází k desorpci vody z povrchu vlákna. Plocha, která se nachází mezi křivkami absorpce a desorpce, se nazývá sorpční hystereze. Staněk ve své práci uvádí, že při použité relativní vlhkosti 65 % dochází při desorpci vlákna ke zpoždění, které se pohybuje do 3 % [8].



Obrázek 19: Desorpce a absorpce [9]

Absorpcí vody do vlákna dochází k jeho hmotnostní a tvarové změně. Tato změna má za následek bobtnání vlákna. Bobtnání je anizotropním jevem, který se odehrává v různých směrech a je různý [8].

Bobtnání vláken se projevuje:

- v příčném (změna průměru a plochy průřezu),
- v podélném (změna délky),
- v objemovém směru (změna objemu).

Následkem bobtnání vláken se zmenšují póry mezi vlákny, což se projevuje ve snížené propustnosti a následně větší tuhosti plošných textilií. U bavlny a mercerované bavlny dochází k bobtnání vláken ve směru průměrovém 20 - 30 %,

ve směru objemovém 50,7 % a ve směru průřezovém 40 - 45 %. Viskóзовé vlákno dosahuje nejvyšších hodnot bobtnání ve směru objemovém 115 % a v průřezovém 67 %. Naopak u syntetického vlákna polyamid 6.6 dosahuje bobtnání ve směru objemovém pouze 9,5 % a ve směru průřezovém 2,3 %. Průřezové bobtnání vláken je vždy větší než délkové bobtnání vláken [8]. Tabulka 3 popisuje působení různých relativních vlhkostí. Z toho vyplývá, že chemické složení vláken udává množství vody ve vláknech [10].

Tabulka 3: Vlhkost a bobtnání vláken [9]

Vlákno	RH 65 % a 20 °C	RH 90 a 95 % a 25 °C	Bobtnání vláken [%]
bavlna	7	24 ÷ 27	45
vlna	13 ÷ 15	22	42
přírodní hedvábí	9	20	—
viskóza	13	—	95 ÷ 120
semidiacetát	6,5	14	20 ÷ 25
polyamid6	4,0 ÷ 4,5	8 ÷ 8,5	—
polyester	0,3 ÷ 0,4	0,5	3 ÷ 5
polypropylén	—	< 0,01	—
polyakrylonitril	~ 1	—	4,5 ÷ 6,0
polyvinylalkohol	3,4	—	—
polyvinylchlorid	0,1	< 1	—

Při konstantní teplotě 24 °C dochází se zvyšující se relativní vlhkostí k nárůstu vlhkosti ve vláknech. Při působení relativní vlhkosti 90 % dochází u vlněného vlákna k největšímu obsahu vlhkosti, a to 23,2 %, jak je patrné z tabulky 4.

Tabulka 4: Vlhkosti vláken při teplotě 24 °C [11]

RH [%]	Vlhkost vláken [%] v rovnováze s příslušnou relativní vlhkostí vzduchu					
	bavlna	vlna	přírodní hedvábí	viskóзовé hedvábí	acetátové hedvábí	nylon
10	2,4	4,0	3,2	3,9	0,85	1,1
20	3,6	7,1	5,4	5,7	1,7	1,4
30	4,3	9,4	6,7	7,4	2,4	1,7
40	5,0	11,0	7,8	8,8	3,2	2,3
50	5,7	12,6	8,8	10,4	4,2	2,8
60	6,7	14,2	9,9	12,2	5,2	3,4
65	7,3	15,0	10,5	13,1	5,0	-
70	7,9	16,0	11,4	14,3	6,8	4,1
80	9,9	18,6	14,0	17,1	8,6	5,0
90	13,6	23,2	18,4	21,9	11,3	5,7

Tabulka 5 znázorňuje různou teplotu při konstantní relativní vlhkosti vzduchu 70 % pro odlišné oděvní materiály. Vyšší teplota vykazuje nižší obsah vlhkosti ve vláknech. Naopak u teploty -18 °C dochází k nárůstu vlhkosti, a to 9,8 %. Lze tedy konstatovat, že mezi teplotou a vlhkostí se projevuje určitá závislost.

Tabulka 5: Obsah vlhkosti při relativní vlhkosti vzduchu 70 % a různých teplotách[11]

Teplota [°C]	Bavlna	Vlna	Viskózové hedvábí
-29	8,5	17	16
-18	9,8	18	17
4	9,7	17,5	17
35	7,8	15	14
71	6,7	13	12

Sorpční teplo vzniká při absorpci a lze je popsat dvěma ději. Exotermický děj, při kterém dochází k vysoušení vlákna a endotermický děj, který se projevuje odebíráním tepla z okolí. Staněk tyto děje srovnává s funkcí rouna na pokožce ovce [8] a Hladík [11] ve své publikaci popisuje „...Morton a Hearle uvádějí, že jestli člověk oděný do vlněného obleku o váze 1,5 kg vyjde v zimě z vytápěné místnosti (18 °C, 45 % relativní vlhkosti vzduchu) do chladného deštivého počasí (5 °C, 95 % relativní vlhkosti vzduchu), změní se vlhkost vlněného obleku z 10 % na 27 %....“.

Vlastnosti vláken se mění vlivem uvedeného bobtnání a působení sorpčního tepla. U různých vláken je vliv vlhkosti odlišný. U hydrofilních vláken platí, že tažnost vláken s rostoucí vlhkostí stoupá, ale pevnost těchto vláken klesá. To znamená, že např. u vlněných a hedvábných vláken dochází vlivem vlhkosti ke snížení pevnosti. Jinak je tomu u přírodních celulózových vláken, kde se stoupající relativní vlhkostí dochází ke zvýšení pevnosti, ale u vláken z regenerované celulózy dochází za mokra ke snížení pevnosti [10]. Pevnost zamokra, tj. za 100 % vlhkosti, je důležitá nejen pro spotřebitele, ale i pro výrobce textilií. Je to z důvodu technologie výroby, kde působí na textilie různé množství vody při různě vysokých teplotách. Vlhkost ovlivňuje zejména zpracovatelnost a mechanické vlastnosti, jako jsou např. pevnost a tažnost vláken, viz tabulka 6 [11].

Tabulka 6: Pevnost vybraných vláken při různých relativních vlhkostech [11]

Vlákno	RH [%]	Pevnost [p/den]
Bavlna	25	2,50
	65	4,10
	100	4,55
Vlna	0	2,30
	65	1,60
	100	1,60
Přírodní hedvábí	0	5,80
	65	5,20
	100	4,30
Viskóзовé hedvábí	0	2,50
	65	2,00
	100	0,90
Polyamidové hedvábí	0	6,80
	65	5,80
	100	5,50

Problematika vlivu vlhkosti na vlastnosti plošné textilie je složitější. Záleží na použité tkanině a jejich vlastnostech. Při použití bavlněné tkaniny dochází se stoupající relativní vlhkostí ke zvýšení mačkavosti plošné textilie, jak je patrné z tabulky 7. U vlivu vlhkosti na plošnou textilií nelze počítat s jednoznačnými závěry. Vliv vlhkosti na textilie sehrává významnou roli v oděvním průmyslu.

Tabulka 7: Mačkavost – úhel zotavení [12]

RH [%]	Neupravená tkanina [°]	Upravená tkanina [°]
50	74	115
65	63	105
75	59	95
85	37	59

2.2 Vliv teploty na plošnou textilií

Dle Staňka [13] vlivem teploty dochází u vláken k přestavbě struktury, která se zobrazí na plošné textilií změnou tvaru a změnou pórovitosti. Okolní prostředí v našem klimatickém pásmu nemá takový vliv jako činnost našeho organismu.

Zvýšený vliv teploty způsobuje pohyblivost makromolekul v amorfních oblastech a vychýlení vlákna z rovnovážného stavu. K vyšší pohyblivosti makromolekul dochází u termoplastických vláken, jako jsou polyester, polyamid, polyetylen, atd.

Při přestupu tepla dochází ve vláknech k rozrušení jeho krystalické oblasti, teplotou měknutí a tání. Následkem strukturálních změn, se mění geometrie vlákna, projevuje se délková změna vlákna a tuhost v ohybu vlákna. Dále dochází k narušení rovnovážného stavu a k tvarové změně v textiliích [13].

Rostoucí teplota snižuje hodnoty pevnosti a zvyšuje hodnoty tažnosti zkoušených vláken. Pevnost a tažnost textilních vláken se vyjadřuje jak zasucha, tak za mokra. Charakteristiku mechanických veličin pro některé uvedené materiály zobrazuje tabulka 8.

Tabulka 8: Rozpětí mechanických veličin [11]

Vlákno	Pevnost		Tažnost	
	Za sucha [p/den]	Za mokra [p/den]	Za sucha [%]	Za mokra [%]
Bavlna	2,8-5,5	3-6	6-10	7-11
Len	5-6	5,5-7,5	1-2	1-2,2
Konopí	3,5-7,5	4-8,5	1-3	1,5-3,5
Vlna	1-2	0,8-1,8	25-35	30-50
Přírodní hedvábí	3,5-4,5	2,8-4	12-25	20-30
Měďnaté hedvábí	1,2-2,5	0,7-0,14	10-17	16,35
Acetátové hedvábí	1,3-1,6	0,8-1	25-35	35-45
Polyamid	4,5-8	4,2-7,5	20-50	20-55
Polyester	3,5-7	3,2-7	20-60	20-60

Staněk ve své práci uvádí zjišťování závislosti teploty na modulech pružnosti v ohybu pro polyamidové a polyesterové vlákna, čímž se zabýval jeho kolega Elder. Zjistil, že pokles teploty pro polyesterová vlákna nastává od 40 °C a pro polyamidové vlákna do 40 °C. Rozdílnost u zkoušených vláken je připisována teplotám zvratu, kde dochází k přestavbě vazeb [13].

Mechanické vlastnosti jsou závislé jak na chemické struktuře, tak na fyzikální struktuře vlákna, teplotě, vlhkosti a způsobu namáhání atd. Teplota a teplo jsou rozdílné pojmy. Teplota souvisí s rychlostí pohybu molekul v tělese a teplo vyjadřuje změnu vnitřní energie, kterou těleso přijme nebo odevzdá. Vyšší teploty se používají pro tvarování oděvů. Při působení tepla při 70 °C dochází k poklesu pevnosti a tažnosti bavlněného vlákna. Ztráta pevnosti vlákna se projevuje u použité teploty 140 °C, teplota 160 °C se při krátkém působení neprojevuje. Bavlněné vlákno začíná hnědnout

při teplotě 200 °C. Zajímavý poznatek byl zjištěn při teplotě 120 °C, pokud tato teplota působí na bavlněné vlákno delší dobu řádově několik měsíců, může také dojít k zuhelnatění vlákna [11].

2.3 Teplota a vlhkost organismu

Teplotu lidského organismu lze rozdělit na vnitřní teplotu orgánů a na teplotu povrchu těla. Kožní teplota je označována jako teplota povrchu těla, která je na různých místech těla odlišná, např. nejchladnější místa jsou špička nosu a konečky prstů o teplotě 23 - 28 °C. Naopak nejteplejší místa pokožky jsou na břiše a na hlavě (35 - 36 °C) [13]. Klimatická teplota je většinou nižší než teplota těla a směr průchodu tepla je udán směrem od organismu do prostředí. Např. při odpočinku se výdej energie našeho organismu pohybuje kolem 87 J/s a při těžké práci se energie zvýší na 697 J/s.

Lidský organismus produkuje vodu ve formě potu. Množství potu je u každého člověka geneticky různé a mění se při různých situacích, např. stresových, sportu a klidu [8]. Při skutečném nošení textilie jsou podmínky působení našeho organismu odlišné. Klimatická vlhkost ovlivňuje oblečení člověka z vnější strany. Oděv se nachází v prostředí mikroklimatu a okolního vzduchu. Odvod vlhkosti u textilie probíhá několika způsoby:

- sorpčně,
- kapilárně,
- migračně,
- difuzně [13].

Kapilární odvod potu je charakterizován odvodem potu v kapalném stavu, který odsává první textilní vrstva. Difuzní prostup vlhkosti je uskutečněn prostřednictvím pórů v textilií. Migrační a sorpční způsob odvádí jak kapalinu, tak i vodní páru. Nejrychlejší způsob odvodu vlhkosti je difuzní, následuje kapilární a migrační. Sorpční proces odvodu vlhkosti je nejpomalejší. Všechny uvedené odvody vlhkosti probíhají současně [13].

3 Experimentální část

Cílem experimentální části diplomové práce bylo analyzovat vliv teploty a vlhkosti na tvarovou stálost plošné textilie. Experiment se zaměřil na měnící se teploty a relativní vlhkosti vzduchu aplikované na zkoušený materiál. Měření bylo realizováno inovovanou metodou snímání úhlu zotavení pomocí časového záznamu obrazu. Metoda byla využita již v práci K. Zelové a L. Fridrichové.

Po provedeném experimentu se vyhodnotil vliv teploty a relativní vlhkosti vzduchu na anizotropii zotavení, a dále byla zpracována schopnost zotavení textilie v průběhu relaxace zkoušených vzorků. Relaxace zkoušených vzorků byla vyhodnocena pomocí úhlů α a procentuálním vyjádřením jednotlivých složek deformací. Materiál pro experiment byl zvolen 100% CO v plátňové vazbě bez chemických úprav.

Zároveň byl vypracován hmotnostní přírůstek relativní vlhkosti ve zkušebních vzorcích. Měření bylo uskutečněno v laboratoři na Katedře oděvnictví TUL.

3.1 Charakteristika použitého materiálu

V experimentální části byl proměřen pouze jeden druh materiálu. Použitým materiálem byla 100% bavlněná plátňová tkanina s označením M2. Následující tabulka 9 obsahuje charakteristiku použitého materiálu M2. Vzorek použitého materiálu je uveden v příloze 1. Plátňová vazba obsahuje osnovní a útkové nitě, které mají vložený směr zákrutu příze S.

Tabulka 9: Charakteristika materiálu

Číslo materiálu	Vazba	Materiálové složení	D_o [nití/10cm]	T_o [tex]	D_u [nití/10cm]	T_u [tex]	M_p [g/m ²]
M2	plátno	100% CO	244	20x2	220	16,5x2	181,9

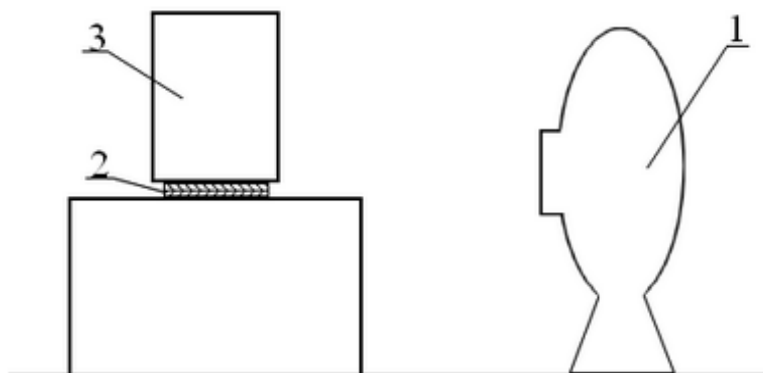
3.2 Charakteristika použité metody hodnocení mačkavosti

Metoda hodnocení mačkavosti byla vyvinuta pro lepší simulaci reálného chování textile. Reálné chování textilie, např. zmačkání materiálu, se projevuje v různých směrech za působení fyziologických vlivů při nošení oděvů. Řadí se mezi objektivní metody.

3.2.1 Inovovaná metoda snímání úhlu zotavení

Předmětem inovované metody snímání úhlu zotavení byl časový záznam zkušebních vzorků web kamerou. Tento záznam sloužil pro lepší simulaci mačkavosti. Web kamera zaznamenala úhel zotavení od první sekundy do poslední třísté sekundy po odebrání závaží. Úhly zotavení byly snímány jak ve směru osnovy, tak ve směru útku a také v pootočení o třicet stupňů.

V této diplomové práci byla uplatněna inovovaná metoda, vytvořená Zelovou a Fridrichovou. Kamera (1) byla umístěna tak, aby mohla snímat umístěný zkoušený vzorek materiálu (2), který byl vložen pod kovovou podložku. Poté se na přehnutý vzorek vložilo závaží o hmotnosti 1 kg (3). Se snímáním úhlu zotavení se začalo po odebrání závaží (3), viz obrázek 20.

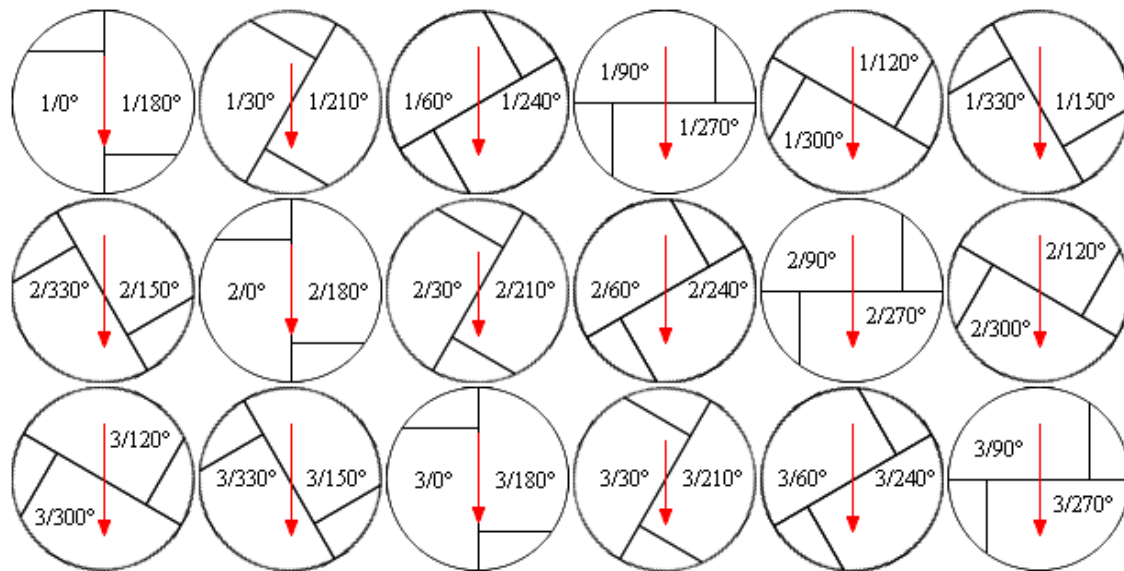


Obrázek 20: Schéma snímání web kamerou [1]

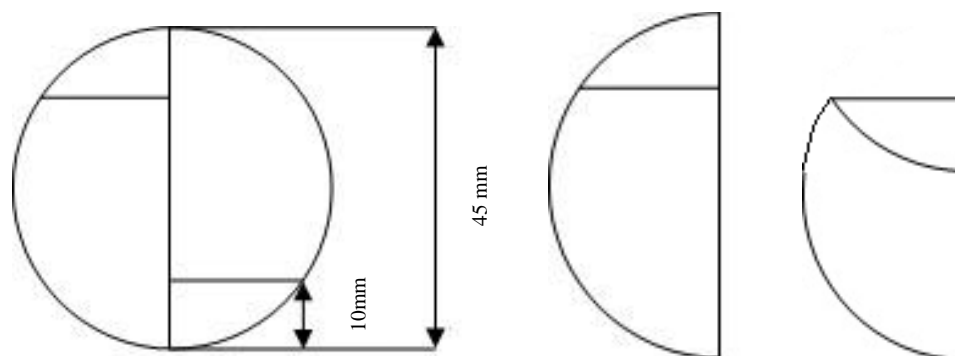
3.2.2 Příprava vzorků

Zkušební vzorky se odebíraly 100 mm od pevného kraje. Kruhový tvar zkušebních vzorků o průměru 45 mm je vyobrazen na obrázku 21. Pro následné měření úhlu zotavení byly vzorky půlkruhové. U jednotlivých zkušebních vzorků se měnil úhel natočení ve směru hodinových ručiček, vždy o třicet stupňů. Měření úhlů probíhalo pro tyto zvolené stupně: $0^\circ/180^\circ$, $30^\circ/210^\circ$, $60^\circ/240^\circ$, $90^\circ/270^\circ$, $120^\circ/300^\circ$ a $150^\circ/330^\circ$. Každý vzorek měl naznačenou osu ohýbání 10 mm od okraje a směr osnovy. Měření pro jednotlivé nastavené podmínky obsahovalo 36 zkušebních vzorků. Pro každý stupeň natočení byly použity 3 půlkruhové zkušební vzorky. Například pro úhel 0° byly vystřiženy 3 zkušební vzorky a zároveň i pro úhel 180° . Následně těchto 6 zkušebních

vzorků bylo zprůměrováno. Měření u všech ostatních úhlů natočení proběhlo stejným způsobem. Podrobná příprava vzorku pro následné měření inovovanou metodou snímání úhlu zotavení je znázorněna na obrázku 22.



Obrázek 21: Příprava vzorků [1]



Obrázek 22: Podrobná ukázka přípravy vzorku a jeho přehnutí

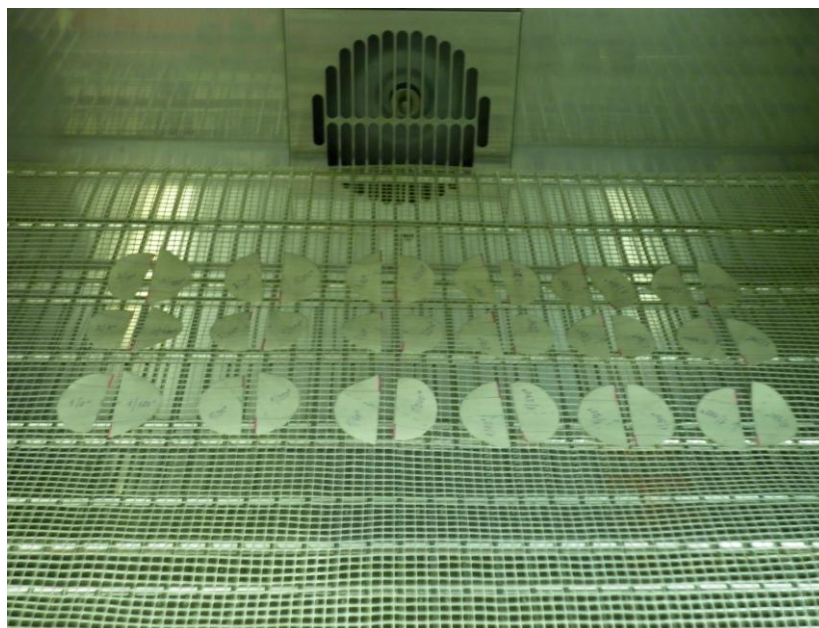
3.2.3 Podmínky zkoušky

Pro zkoumání vlivu vlhkosti a teploty byl celý experiment realizován v klimatizované místnosti o teplotě 20 °C a relativní vlhkosti vzduchu 60 %, jak udává norma ČSN EN ISO 139 (800056): Textilie – normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení. Zkoušené vzorky materiálu M2 pro tento experiment byly klimatizovány po dobu 18 hodin v klima komoře KBF 240. Uzavřenou klima komoru uvádí obrázek 23 a komoru otevřenou s vloženými zkušebními vzorky obrázek 24. Tyto zkušební vzorky

byly vloženy na perlínkovou podložku pro lepší cirkulaci teploty a relativní vlhkosti vzduchu v klima komoře.



Obrázek 23: Klima komora KBF 240



Obrázek 24: Zkušební vzorky v klima komoře

Zkoumané podmínky měření byly:

- teplota 25 °C při relativní vlhkosti vzduchu 38 %,
- teplota 25 °C při relativní vlhkosti vzduchu 65 %, 75 % a 90 %,
- teplota 32 °C při relativní vlhkosti vzduchu 65 %, 75 % a 90 %,
- teplota 36 °C při relativní vlhkosti vzduchu 65 %, 75 % a 90 %,
- teplota 45 °C při relativní vlhkosti vzduchu 65 %, 75 % a 90 %.

Teplota 25 °C a relativní vlhkost 38 % byly zvoleny proto, neboť se přibližují běžným životním podmínkám. Nepřímý kontakt pokožky člověka a textilie udává teplota 25 °C. Při kontaktu pokožky člověka s první oděvní vrstvou byly zvoleny teploty 32 °C a 36 °C. Nejvyšší teplota 45 °C byla použita jako maximální teplota. Hodnoty relativních vlhkostí vzduchu 65 %, 75 % a 90 % udávají standardní situace, které probíhají mezi pokožkou a oděvem.

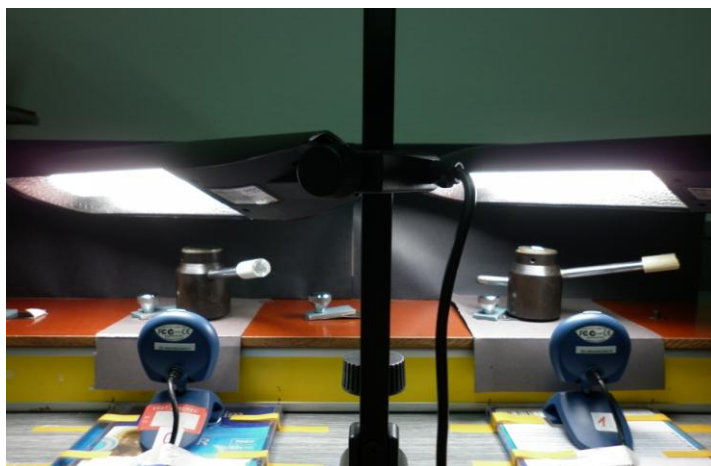
3.2.4 Postup zkoušky

Měření probíhalo pomocí inovované metody snímání úhlu zotavení. Toto měření vychází ze zatížení vzorku, následném odlehčení a snímání úhlu zotavení web kamerou.

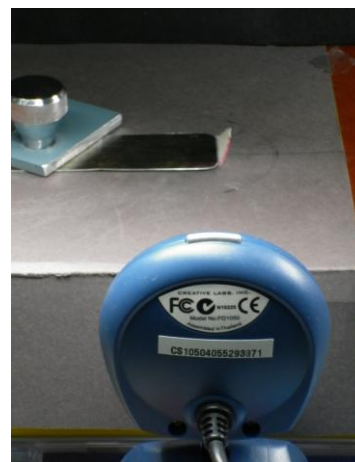
Nejprve byly zkušební vzorky klimatizovány 18 hodin s předem nastavenými podmínkami. Poté byly postupně pinzetou z klima komory vyjmuty vždy 2 půlkruhové vzorky. První zkušební vzorek byl vložen a upevněn pod kovovou podložku před web kameru 0. Následovalo vložení a upnutí druhého zkušebního vzorku před web kameru 1, které znázorňuje obrázek 25. Z kovových podložek přečníval 10 mm vzorku, který byl přehnut přes podložku, a poté byl zatížen závažím o hmotnosti 1 kg po dobu 5 minut. Použití dvou web kamer umožňovalo rychlejší proměření zkušebních vzorků. Obrázek 26 znázorňuje zkoušený vzorek po sejmutí závaží v době jeho relaxace.

Po uplynutí 5 minut se nejprve závaží odebralo z prvního vzorku, před web kamerou 0, a zkušební vzorek se začal zotavovat do své původní polohy. Tento děj se opakoval i pro druhý zkušební vzorek před web kamerou 1. Nejprve se snímala každá sekunda po dobu 10 sekund. Pak se začala snímat každá pátá sekunda celkem 10 krát a poté bylo prováděno snímání zkušebních vzorků po minutě. Po uplynutí doby relaxace zkušebních vzorků se web kamerou vytvořilo 24 snímků. Tyto záznamy obrazů byly

uloženy a dále použity v programu Nis Elements AR. Tento program sloužil pro vyhodnocení nasnímaných úhlů web kamerami.



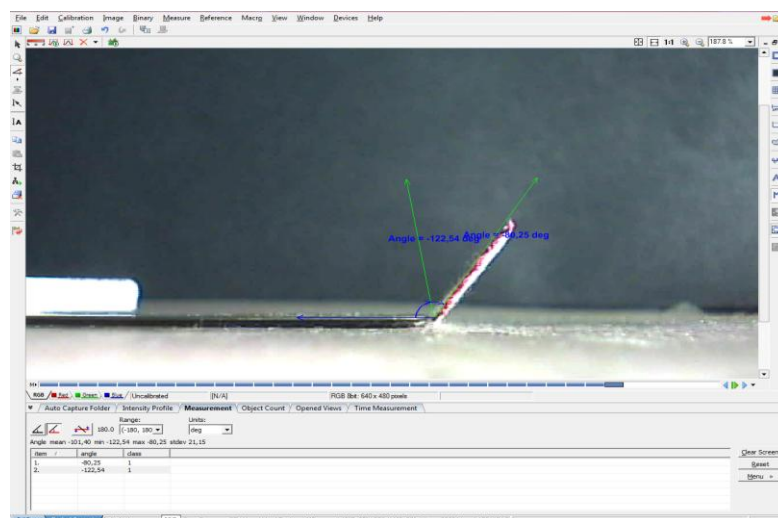
Obrázek 25: Zatížené zkoušené vzorky



Obrázek 26: Zkoušený vzorek
v době relaxace

3.2.5 Měření úhlu zotavení v programu Nis Elements AR

Měření úhlu zotavení bylo provedeno v programu Nis Elements AR. Tento program použily ve své práci K. Zelová [21] „... má funkci *measure free angle*, která umožňuje měření úhlu zotavení na fotografii pořízené webkamerou...“. Úhly zotavení zkušebních vzorků byly měřeny od 1. sekundy snímání až do poslední 300. sekundy. Poté byly naměřené hodnoty úhlů vloženy do Microsoft Excel a dále vyhodnoceny a zpracovány do grafů. Obázek 27 znázorňuje jak probíhalo měření úhlů zotavení v první a poslední sekundě záznamu.



Obrázek 27: Měření úhlu v programu Nis Elements AR

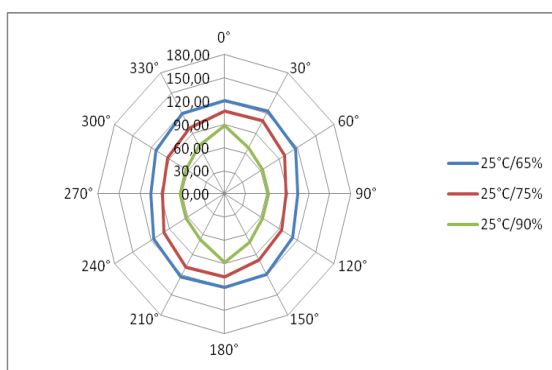
3.3 Hodnocení vlivu vlhkosti a teploty na anizotropii zotavení textilie

Anizotropie se projevuje závislostí vlastností látek na volbě směru při prováděném měření. Výsledné úhly zotavení byly průměrnými hodnotami ze 6 směrů měření $0^\circ/180^\circ$, $30^\circ/210^\circ$, $60^\circ/240^\circ$, $90^\circ/270^\circ$, $120^\circ/300^\circ$, $150^\circ/330^\circ$. Z čehož vyplývá, že použité polární diagramy jsou bodově symetrické. Hodnoty úhlů zotavení, ze kterých byly vytvořeny grafy, jsou v příloze 2.

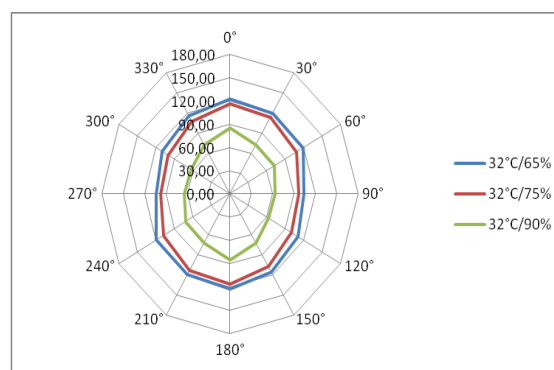
Následující obrázky 28 – 31 znázorňují anizotropii úhlu zotavení v třísté sekundě při různých relativních vlhkostech 65, 75, 90 % a konstantní teploty.

Obrázek 28 zobrazuje nejvyšší zotavení textilie v natočení 30° a 210° při podmínkách 25°C a 65 %, 75 %. U relativní vlhkosti 75 % bylo zotavení textilie v diagonálním směru 30° o 11,13 % nižší než při relativní vlhkosti 65 %. Tvarově nejvýraznější zotavení textilie se projevilo ve směru osnovy u relativní vlhkosti vzduchu 90 %. Tento tvar je čočkovitý a nejnižší úhel zotavení byl ve směru 90° a 270° , a to $62,45^\circ$.

Při působení vyšší konstantní teploty 32°C bylo zotavení textilie ve směru osnovy 0° a 180° při relativních vlhkostech 65, 75 a 90 %, viz obrázek 29. Nejnižší zotavení textilie v poslední sekundě lze pozorovat ve směru 90° a 270° jak při relativní vlhkosti 65 %, tak při 75%. Čočkovitý tvar zotavení textilie se projevil i při teplotě 32°C a relativní vlhkosti 90 %. Nejnižší zotavení zkušebních vzorků bylo v diagonálním směru 120° a 300° při působení relativní vlhkosti vzduchu 90 %.



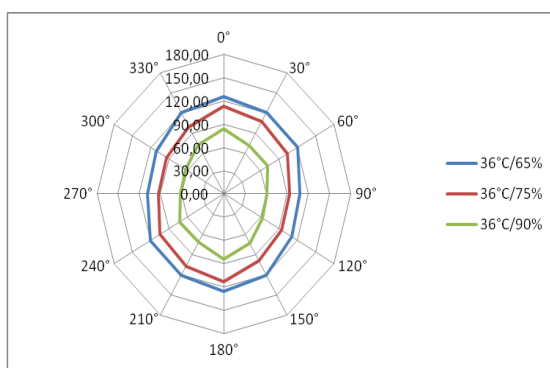
Obrázek 28: Anizotropie úhlu zotavení [$^\circ$] v 300s pro různou relativní vlhkost



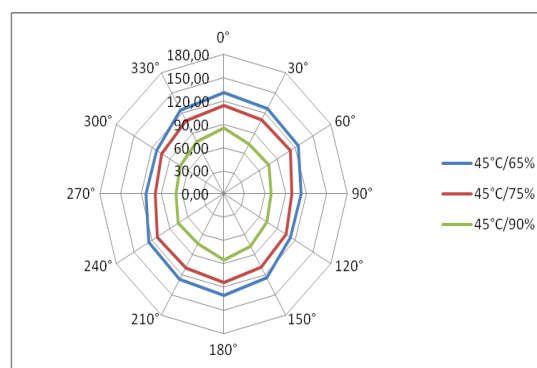
Obrázek 29: Anizotropie úhlu zotavení [$^\circ$] v 300s pro různou relativní vlhkost

Obrázek 30 znázorňuje nejvyšší zotavení textilie ve směru osnovy 0° a 180° při různých použitých relativních vlhkostech vzduchu. Podmínky 36°C a 90% , ilustrují zotavení textilie velmi podobné předchozímu obrázku 29 ($T = 32^\circ\text{C}$ a $\text{RH} = 90\%$). Nejvyšší sklon k mačkavosti se projevil ve směru 90° a 270° při působení relativní vlhkosti 90% a úhel zotavení byl $61,25^\circ$.

Nejvyšší úhel zotavení textilie byl při podmínkách 45°C a 65% ve směru 0° a 180° , a to $130,40^\circ$, viz obrázek 31. Z toho vyplývá nejmenší mačkavost oděvní textilie. Nejnižší zotavení textilie bylo ve směru 120° a 300° při relativní vlhkosti 65% a teplotě 45°C . Při relativní vlhkosti 75% a teplotě 45°C bylo zotavení textilie nejvyšší ve směru 0° a 180° . Dále došlo ke změně zotavení zkušebních vzorků ve směru 90° a 270° při relativní vlhkosti 90% . Úhel zotavení ve směru útku se zvýšil na rozdíl od ostatních podmínek.



Obrázek 30: Anizotropie úhlu zotavení [°]
v 300s pro různou relativní vlhkost

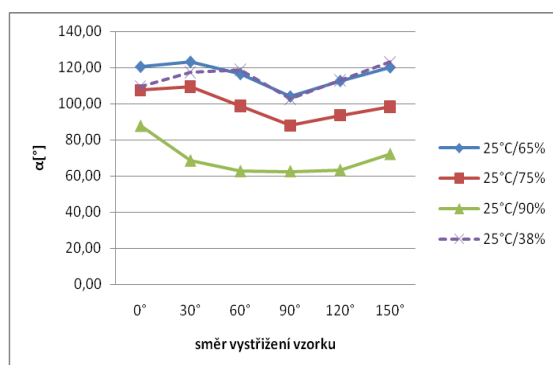


Obrázek 31: Anizotropie úhlu zotavení [°]
v 300s pro různou relativní vlhkost

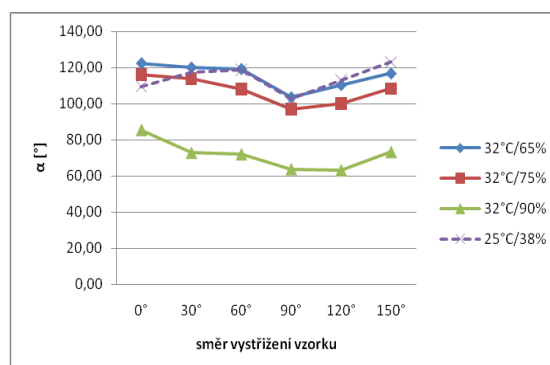
Níže uvedené obrázky 32, 33, 34 a 35 znázorňují závislost úhlu zotavení na směru vystřížení zkušebních vzorků. Toto zobrazení probíhá při konstantní teplotě a rozdílných relativních vlhkostech 65, 75 a 90% . Teplota 25°C a relativní vlhkost vzduchu 38% udávala pokojovou teplotu.

Směr vystřížení zkušebních vzorků zobrazuje konkávní a konvexní křivku. Křivky v průběhu zotavení mají velmi podobné tvary pro všechny zkoušené směry při působení rozdílných relativních vlhkostech. Konkávní tvar křivky se většinou projevuje do 90° . Z toho vyplývá, že nejnižší úhel zotavení byl ve směru útku 90° a 270° . Konvexní tvar křivky byl zobrazen od 90° . Při podmínkách 25°C a 38% byl vždy ve směru 0° nižší nárůst úhlu zotavení zhruba o 15° než při relativní vlhkosti

65 %, viz obrázky 32 - 35. Nejvyšší zotavení textilie při relativní vlhkosti 38 % bylo v diagonálním směru 150 ° a 300 °, hodnota úhlu zotavení byla 123 °.



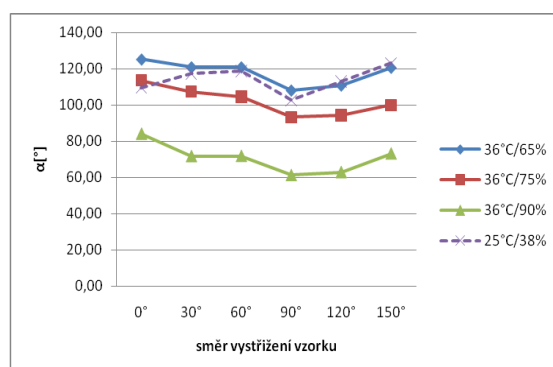
Obrázek 32: Závislost úhlu zotavení na směru střížení vzorku



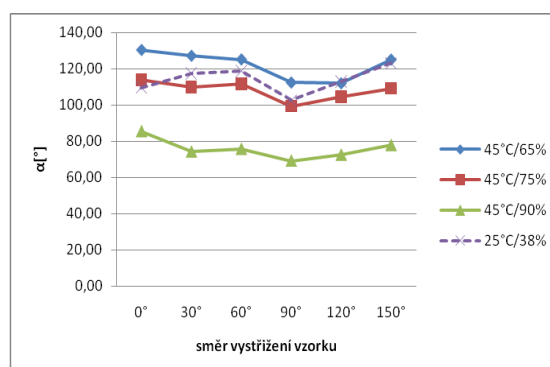
Obrázek 33: Závislost úhlu zotavení na směru střížení vzorku

Závislost úhlu zotavení při působení relativní vlhkosti 90 % byla odlišná tvarem křivky zotavení od ostatních relativních vlhkostí. Hodnoty úhlu zotavení při podmínkách 25 °C a 38 % se překrývaly v 60 °, 90 ° a 120 ° s relativní vlhkostí 65 %, viz obrázek 32. Toto překrytí křivek nastalo i pro teplotu 32 °C a relativní vlhkost 65 % ve směru vystřížení 60 ° a 90 °, viz obrázek 33. Se stoupající teplotou při působení relativní vlhkosti 90 % se tvar křivky mění ve směru 60 ° než za podmínek 25 °C a 90 %.

Obrázek 34 znázorňuje nejvýše položenou křivku úhlu zotavení při působení relativní vlhkosti 65 %, nepatrně klesá ve směru vystřížení 120 ° a 150 °. Zatímco křivka s teplotou 25 °C a relativní vlhkostí 38 % v těchto směrech stoupá.



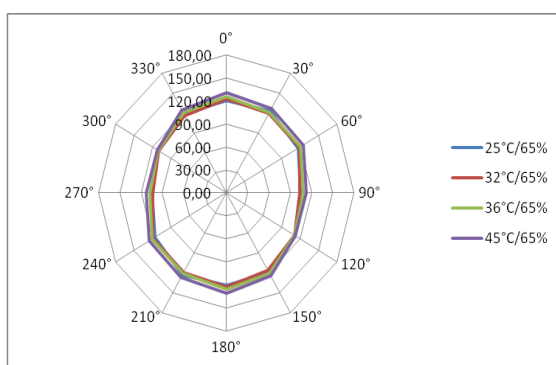
Obrázek 34: Závislost úhlu zotavení na směru střížení vzorku



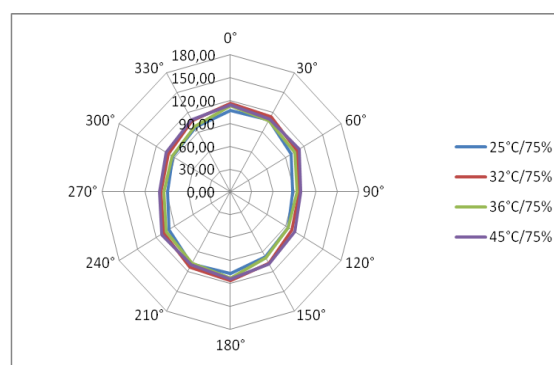
Obrázek 35: Závislost úhlu zotavení na směru střížení vzorku

Při podmínkách 45 °C a 65 % docházelo ve směru 120 ° a 150 ° k velmi podobnému zotavení vzorků s teplotou 25 °C a relativní vlhkostí 38 %, viz obrázek 35. U relativní vlhkosti 75 % a teploty 45 °C se zvyšuje úhel zotavení ve směru 90 °, 120 ° a 150 ° než při podmínkách 36 °C a 75 %.

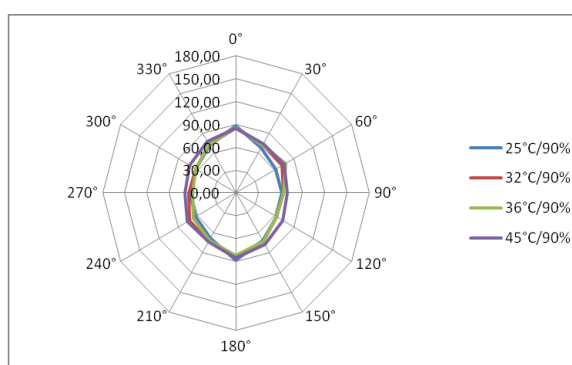
Při hodnocení úhlu zotavení textilie pro různou teplotu byla vždy konstantní relativní vlhkost vzduchu. Obrázky 36, 37 a 38 znázorňují zotavení textilie při rozdílných teplotách, které se projevilo ve všech zkoušených směrech velmi podobně. K nejvyššímu úhlu zotavení u všech obrázků došlo ve směru osnovy, tedy v 0 ° a 180 °. Výchozí křivky znázorňují odlišný tvar na rozdíl od předchozích uhlů zotavení v poslední sekundě, viz obrázek 38.



Obrázek 36: Anizotropie úhlu zotavení [°] v 300s pro různou teplotu



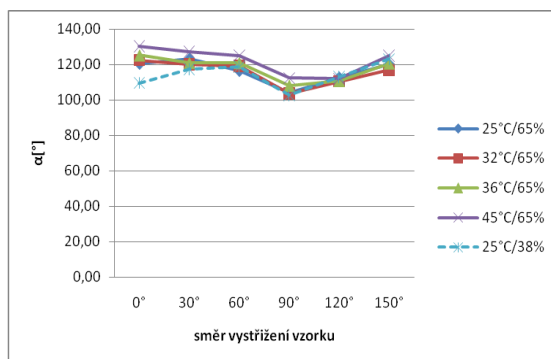
Obrázek 37: Anizotropie úhlu zotavení [°] v 300s pro různou teplotu



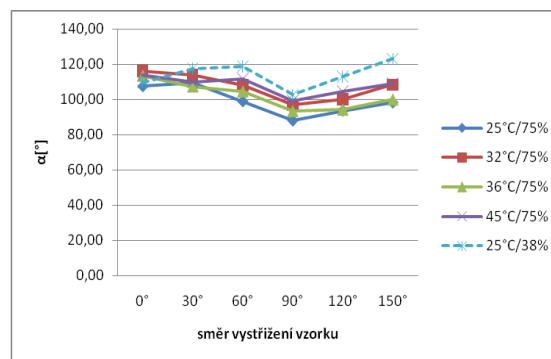
Obrázek 38: Anizotropie úhlu zotavení [°] v 300s pro různou teplotu

Obrázky 39, 40 a 41 ilustrují závislost úhlu zotavení na směru vystřížení zkušebních vzorků při různých teplotách a konstantních relativních vlhkostech vzduchu. Čím vyšší byla teplota, tím výše byly položeny zotavovací křivky. Pokles úhlu zotavení

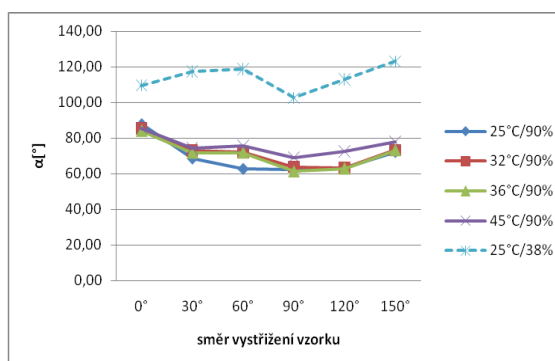
textilie nastal ve směru 90° při působení všech měnících se teplot, viz obrázek 39 a 40. Nejnižší zotavení zkušebního vzorku bylo v diagonálním směru 60° a 240° při teplotě 25°C , viz obrázek 41. Nejlepší zotavení textilie nastalo za podmínek 25°C a 38 % při relativní vlhkosti 90 %.



Obrázek 39: Závislost úhlu zotavení na směru střížení vzorku



Obrázek 40: Závislost úhlu zotavení na směru střížení vzorku



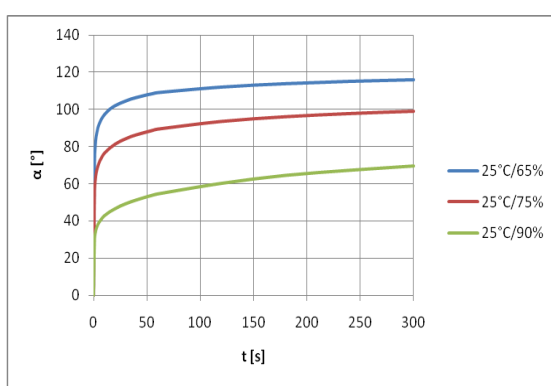
Obrázek 41: Závislost úhlu zotavení na směru střížení vzorku

3.4 Hodnocení vlivu vlhkosti a teploty na schopnost zotavení textilie

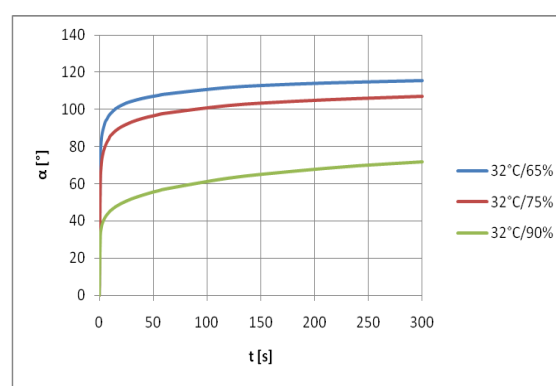
Časové rozmezí od první sekundy do třísté sekundy znázorňuje celkové průměrné hodnoty úhlu zotavení při rozdílných relativních vlhkostech, pro obrázky 42, 43, 44 a 45. Průběh tvaru křivky u vlivu vlhkosti je shodný s průběhem tvaru křivky i u vlivu teploty při zotavení textilie. Hodnoty úhlu zotavení se pohybovaly v rozmezí od 60° do 125° . Nejvyšších hodnot zotavení dosáhly zkušební vzorky při relativní vlhkosti vzduchu 65 % a nejnižší zotavení bylo při relativní vlhkosti vzduchu 90 %.

Průměrný úhel zotavení textilie při působení relativní vlhkosti vzduchu 65 % vykazuje o 14,57 % vyšší hodnotu úhlu zotavení než při relativní vlhkosti vzduchu 75 %, viz obrázek 42. Při relativní vlhkosti 90 % byl nárůst zotavení textilie nižší oproti relativní vlhkosti vzduchu 65 % o 40,21 %. Toto procento zároveň udává nejvyšší zotavení textilie, a to mezi podmínkami relativní vlhkosti vzduchu 65 % a 90 % a při teplotě 25 °C.

Hodnota úhlu zotavení v poslední sekundě byla 115,47 °, což bylo nejnižší zotavení při relativní vlhkosti 65 %. Při teplotě 32 °C a relativní vlhkosti 75 % bylo zotavení textilie nižší o 7,13 % než při relativní vlhkosti vzduchu 65 %, viz obrázek 43.

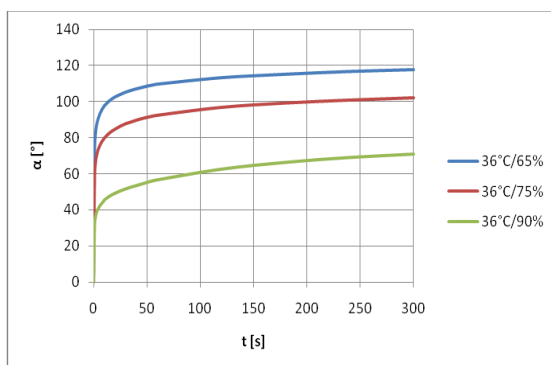


Obrázek 42: Vliv vlhkosti na schopnost zotavení textilie

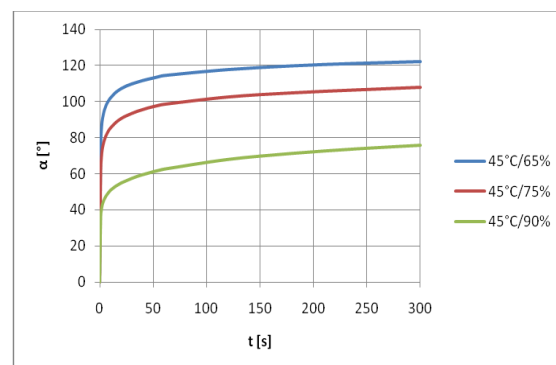


Obrázek 43: Vliv vlhkosti na schopnost zotavení textilie

Hodnoty úhlu zotavení, viz obrázek 44, byly při působení relativní vlhkosti 65 % o 13,26 % vyšší než při relativní vlhkosti vzduchu 75 %. Celkové procento zotavení textilie bylo 39,88 % mezi relativní vlhkostí 65 % a 90 %.



Obrázek 44: Vliv vlhkosti na schopnost zotavení textilie

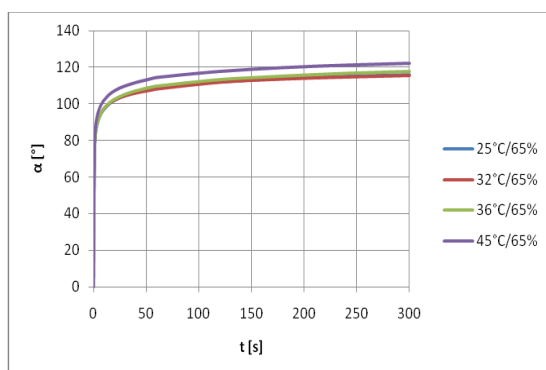


Obrázek 45: Vliv vlhkosti na schopnost zotavení textilie

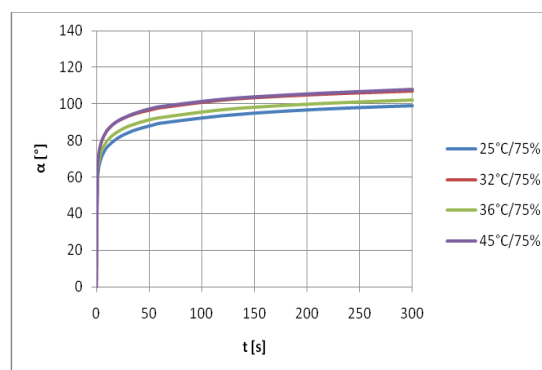
Časový průběh snímání od první sekundy do třísté sekundy znázorňuje nejvyšší hodnotu úhlu zotavení, a to 122 ° při podmínkách 45 °C a 65 %, viz obrázek 45. Úhel zotavení při relativní vlhkosti vzduchu 65 % dosáhl o 37,84 % vyššího zotavení než při působení relativní vlhkosti 90 %. Toto procento zotavení bylo nejnižší mezi relativní vlhkostí 65 % a 90 %.

Obrázky 46, 47 a 48 znázorňují úhel zotavení při rozdílné teplotě a konstantní vlhkosti v časovém průběhu od první sekundy do třísté sekundy. Vliv teploty na schopnost zotavení textilie byl zanedbatelný. Nejvyšší úhel zotavení textilie byl zaznamenán u teploty 45 °C, a to pro následující obrázky 46, 47 a 48. Při působení teplot 25, 32 a 36 °C zkušební vzorky dosahovaly stejných nebo podobných hodnot úhlu zotavení.

Hodnoty úhlu zotavení klesaly od 120 ° do 80 °. Nejnižší zotavení textilie bylo při relativní vlhkosti vzduchu 90 %. Z toho vyplývá zjištění, že se zvyšující relativní vlhkostí vzduchu, klesal úhel zotavení textilie a docházelo k vyšší mačkavosti plošné textilie.

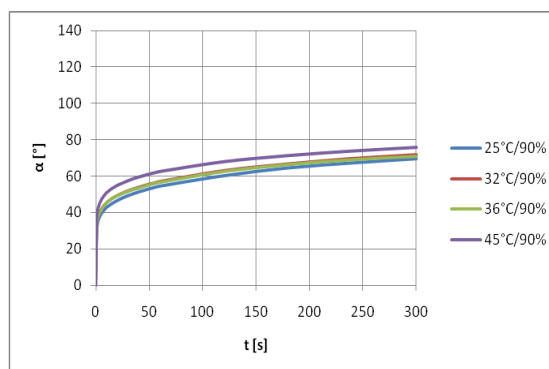


Obrázek 46: Vliv teploty na schopnost zotavení textilie



Obrázek 47: Vliv teploty na schopnost zotavení textilie

Za působení relativní vlhkosti vzduchu 90 % úhel zotavení při teplotě 45 °C dosahoval o 8,43 % vyšší zotavení než při teplotě 25 °C, viz obrázek 48.



Obrázek 48: Vliv teploty na schopnost zotavení textilie

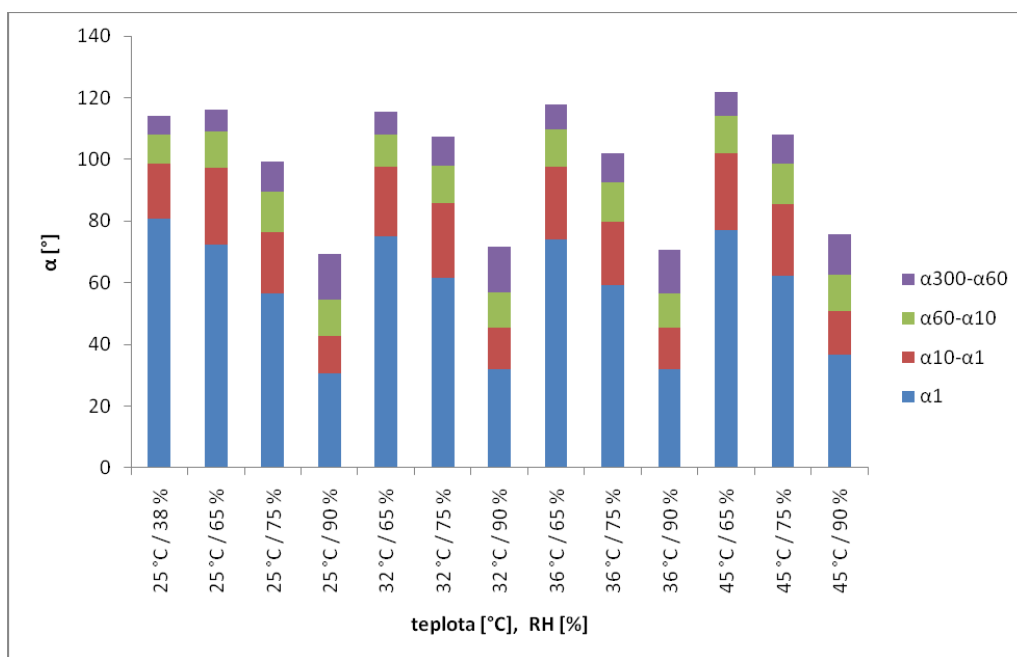
Následuje objasnění relaxace vzorku na schopnost zotavení textilie do původního tvaru, a to po odstranění závaží za působení daných podmínek teploty a relativní vlhkosti. Nastavené podmínky určovaly chování zkušebních vzorků po odebrání závaží v první sekundě. Tabulka 10 obsahuje zadané podmínky relativních vlhkostí vzduchu a teplot a dále vypočtené hodnoty, o kolik se projevila relaxace zkušebních vzorků.

Tabulka 10: Relaxace vzorku

Podmínky	Relaxace vzorku v čase [°]			
	α_1 [°]	$\alpha_{10}-\alpha_1$ [°]	$\alpha_{60}-\alpha_{10}$ [°]	$\alpha_{300}-\alpha_{60}$ [°]
25 °C 38 %	80,85	17,66	9,61	5,91
25 °C 65 %	72,43	24,82	11,95	6,93
25 °C 75 %	56,67	19,85	13,07	9,62
25 °C 90 %	30,62	12,06	11,74	15,01
32 °C 65 %	75,03	22,49	10,61	7,34
32 °C 75 %	61,75	24,02	12,27	9,19
32 °C 90 %	31,12	13,22	11,67	14,74
36 °C 65 %	73,94	23,74	12,04	8,02
36 °C 75 %	59,28	20,48	12,71	9,65
36 °C 90 %	31,96	13,34	11,28	14,21
45 °C 65 %	77,15	24,71	12,41	7,73
45 °C 75 %	62,42	23,02	13,21	9,41
45 °C 90 %	36,60	14,27	11,70	13,26

Uvedený obrázek 49 znázorňuje schopnost zotavení zkušebních vzorků v závislosti na čase. Hodnoty zotavení textilie byly vypočtené pro snímání v první sekundě α_1 , desáté sekundě α_{10} , v jedné minutě α_{60} a v páté minutě α_{300} .

V časovém průběhu relaxace vzorků docházelo k nejvyššímu zotavení ihned po odebrání závaží v první sekundě záznamu. Nejvyšší zotavení nastalo v první sekundě relaxace za podmínek 25 °C a 38 %, kde byl úhel zotavení 80,85 °. Proces zotavení se lišil u relativní vlhkosti 65 % a 90 %. Při relativní vlhkosti 65 % se projevilo rychlejší zotavení po odebrání závaží v prvních sekundách, to znamená do deseti sekund relaxace. Úhly zotavení byly v rozmezí od 72,43 ° do 77,15 °. Ke konci relaxace vzorku se rychlost zotavení zpomalovala. V době od první do páté minuty se úhel zotavení změnil o 6,93 ° – 8,02 °. Naopak pomalejší zotavení nastalo při relativní vlhkosti 90 % v první sekundě relaxace. Zkušební vzorky se zotavily na hodnoty úhlu zotavení v rozmezí od 30,62 ° do 36,60 °. Následovala změna úhlu zotavení od první do páté minuty, která proběhla rychleji, a rozdíl zotavení byl o 13,26 ° – 15,01 °. To znamená, že od první minuty do páté minuty docházelo k vyššímu zotavení textilie při relativní vlhkosti 90 %. Hodnoty zotavení v době relaxace od deseti sekund do jedné minuty byly shodné. Zvýšení relativní vlhkosti vzduchu působilo negativně na schopnost zotavení vzorku a přispívalo k větší mačkavosti textilie.



Obrázek 49: Schopnost zotavení textilie v průběhu relaxace vzorku

Z průměrných naměřených hodnot úhlu zotavení α_1 a α_{300} byly dále vypočteny jednotlivé složky; elastické, zotavené a plastické deformace. Úhel zotavení α_1 byl vyjádřen úhlem alfy v první sekundě po sejmutí závaží. Poslední úhel zotavení textilie

byl v čase 300 sekund a označuje se α_{300} . Deformace vzniklé v průběhu mačkání textilie byly vypočteny podle následujících vztahů.

Pro výpočet elastické deformace byl použit vztah:

$$\varepsilon_E = \frac{\alpha_1}{180^\circ} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1)$$

Zotavená deformace je dána vztahem:

$$\varepsilon_Z = \frac{(\alpha_{300} - \alpha_1)}{180^\circ} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2)$$

Poslední plastická deformace se vyjadřuje:

$$\varepsilon_P = \frac{180^\circ - \alpha_{300}}{180^\circ} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3)$$

Následující tabulka 11 vyjadřuje vypočtené hodnoty pro elastické, zotavené a plastické deformace v procentech pro nastavené podmínky.

Tabulka 11: Podíl deformace

Podmínky	Typ deformace		
	$\emptyset \varepsilon_E$ [%]	$\emptyset \varepsilon_Z$ [%]	$\emptyset \varepsilon_P$ [%]
25 °C 38 %	44,92	18,43	36,65
25 °C 65 %	40,23	24,27	35,48
25 °C 75 %	31,48	23,63	44,88
25 °C 90 %	17,01	21,56	61,43
32 °C 65 %	41,68	22,46	35,85
32 °C 75 %	34,31	25,26	40,43
32 °C 90 %	17,84	22,01	60,13
36 °C 65 %	41,07	23,33	34,58
36 °C 75 %	32,93	23,8	43,26
36 °C 90 %	17,75	21,57	60,67
45 °C 65 %	42,86	24,92	32,2
45 °C 75 %	34,67	25,35	39,96
45 °C 90 %	20,3	21,79	57,87

Z těchto vypočtených hodnot byl vytvořen graf, který znázorňuje obrázek 50. Elastická deformace, která se projevila ihned po odebrání závaží ze vzorku, byla dokonale vratná. Při působení podmínek 25 °C a 38 % vykazovala nejvyšší hodnoty

elastická deformace 44,92 %. Naopak nejnižší hodnoty elastické deformace okolo 20 % byly dosaženy při relativní vlhkosti vzduchu 90 % a různých teplotách.

Zotavená deformace narůstala během zatížení zkušebního vzorku a po odebrání závaží postupně mizela. Zotavení vzorku nastalo během doby relaxace vzorku. Hodnoty zotavené deformace (viskoelastické) se pohybovaly v rozmezí od 20 % do 25 %.

Trvalá, dokonale nevratná a závislá na čase, byla deformace plastická. Zkušební materiál vykazoval při působení odlišné teploty a relativní vlhkosti vzduchu 90 % nejvyšší hodnotu podílu plastické deformace, která byla od 57,87 do 61,43 %. U plastické deformace byly nejnižší hodnoty zotavení kolem 36 % při podmínkách relativní vlhkosti 65 %.

Hodnoty elastické deformace se odvíjely převážně od zatěžovací síly a doby působení. Se stoupající relativní vlhkostí se tyto hodnoty elastické deformace snížily a stoupaly hodnoty plastické deformace. Což znamená, že při vysoké relativní vlhkosti docházelo k větší mačkavosti. V případě zotavené (viskoelastické) deformace hodnoty zůstaly stejné. Vliv teploty a vlhkosti na zotavenou (viskoelastickou) složku deformace byl zanedbatelný. Docházelo tedy k průměrně stejnému zotavení zkušebních vzorků. Se stoupající teplotou při konstantní relativní vlhkosti se nepatrně snížila elastická deformace.



Obrázek 50: Deformace elastická, viskoelastická a plastická

Hmotnostní přírůstek

Zjišťování hmotnostního přírůstku se provádělo z důvodu závislosti úhlu zotavení zkušebních vzorků na obsahu vlhkosti ve vláknech. Stanovení hmotnostního přírůstku se realizovalo vyjmutím zkušebních vzorků pomocí pinzety z klimatizovací komory a vložení na analytické váhy, hodnoty obsahuje příloha 3. Po následném zvážení byly vzorky umístěny pod kovové podložky a zatíženy závažím. Tabulka 12 obsahuje vypočtené hodnoty hmotnostního přírůstku, který se stanoví procentuálním podílem ze suchého a mokrého vzorku a je vyjádřen vztahem:

$$r_0 = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (4)$$

r_0 ...hmotnostní přírůstek [%],

m_0 ...hmotnost suchého vlákna [g],

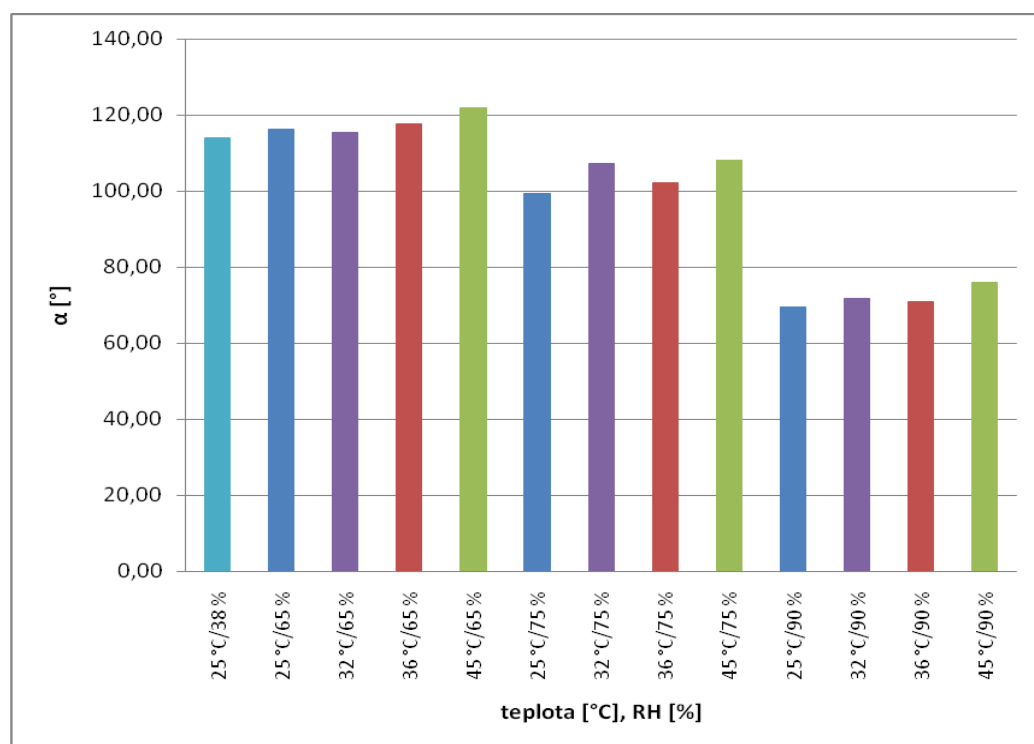
m_1 ...hmotnost mokrého vlákna [g].

Tabulka 12: Hmotnostní přírůstek

Podmínky	Hmotnostní přírůstek [%]
25 °C 65 %	0,03
25 °C 75 %	1,63
25 °C 90 %	6,17
32 °C 65 %	-0,17
32 °C 75 %	0,96
32 °C 90 %	4,41
36 °C 65 %	-0,06
36 °C 75 %	0,99
36 °C 90 %	5,64
45 °C 65 %	-0,55
45 °C 75 %	0,54
45 °C 90 %	4,42

Vyjádření závislosti úhlu zotavení na vlhkosti a teplotě znázorňuje obrázek 51. Z obrázku je patrné, že nejvyšší zotavení zkušebního vzorku bylo při teplotě 45 °C a relativní vlhkosti 65 %, ale zároveň došlo k nejnižšímu nárůstu hmotnostního přírůstku ve zkušebním vzorku který, byl -0,55 %. To znamená, že zkušební vzorek byl vysušený a jeho zotavení bylo nejvyšší v poslední sekundě snímání. Stoupající relativní

vlhkost vzduchu ovlivnila zotavení zkušebních vzorků. Při nejnižším úhlu zotavení textilie byl hmotnostní přírůstek při podmínkách 25 °C a 90 % nejvyšší, a to 6,17 %. Dále lze konstatovat, že se stoupající teplotou 45 °C, při konstantní relativní vlhkosti 90 % stoupal úhel zotavení zkušebních vzorků, a zároveň klesal hmotnostní přírůstek, jeho hodnota byla 4,42 %.



Obrázek 51: Závislost úhlu zotavení na teplotě a relativní vlhkosti

3.5 Vyjádření zotavení textilie jako funkce teploty a vlhkosti

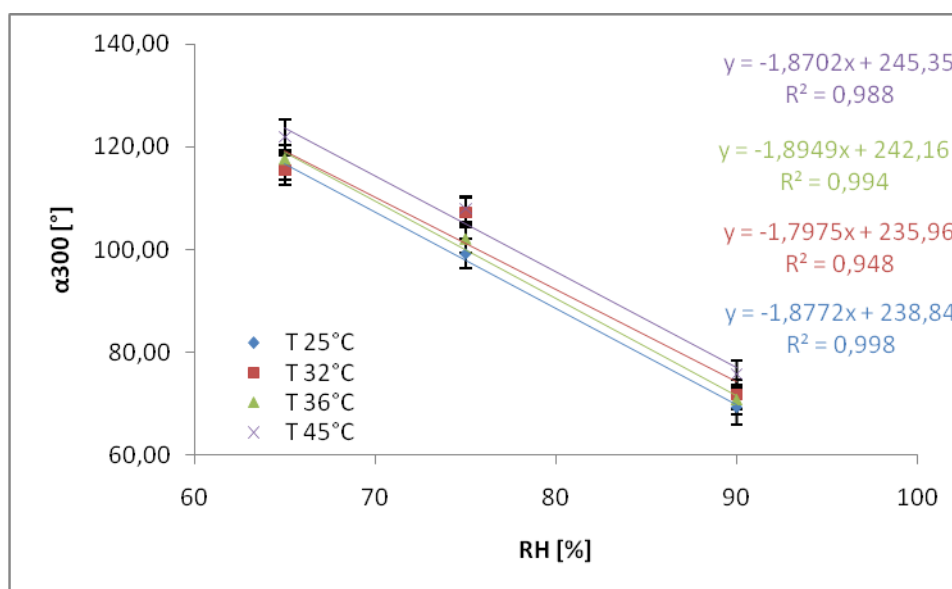
Poslední částí práce byla hledaná vzájemná závislost mezi úhlem zotavení, relativní vlhkostí vzduchu a teplotou. Tato závislost byla stanovena koeficientem determinace R^2 . Koeficient determinace vyjadřuje míru spolehlivosti regresní přímky a je druhou mocninou koeficientu korelace. Koeficient korelace může nabývat hodnot od -1 do 1 podle toho, která veličina je závislá a která nezávislá. Zatímco koeficient determinance je stejný pro oba tyto případy. Obecně platí, že čím více se koeficient determinance blíží k hodnotě 1, tím je výsledek lineárnější [14].

Níže uvedená tabulka 13 obsahuje celkové průměrné hodnoty úhlu zotavení, při měnící se relativní vlhkosti vzduchu a teploty. Příloha 4 obsahuje úhly zotavení.

Tabulka 13: Celkové průměrné hodnoty

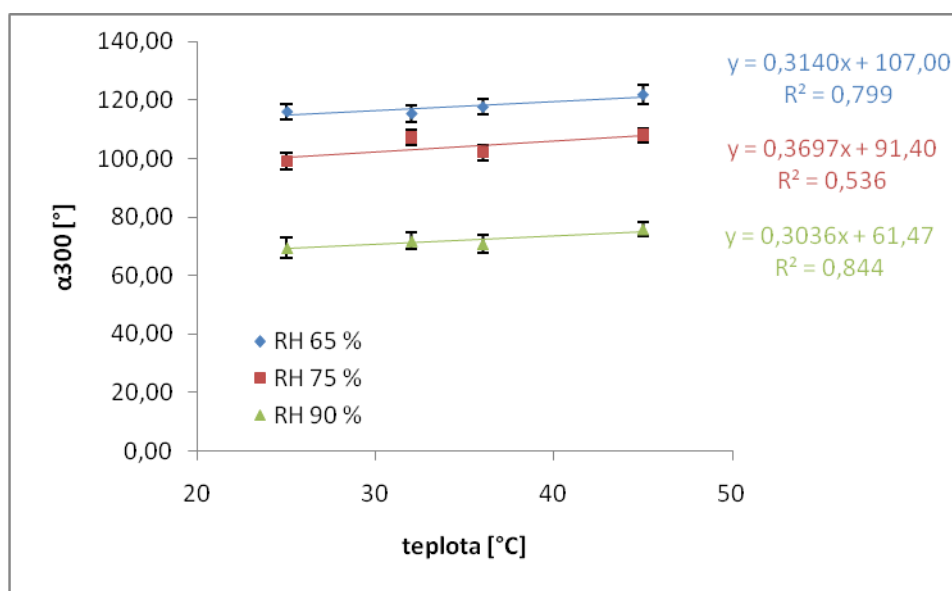
T [°C]	RH [%]	α_{300} [°]
25	65	116,13
25	75	99,21
25	90	69,43
32	65	115,47
32	75	107,23
32	90	71,75
36	65	117,74
36	75	102,12
36	90	70,79
45	65	122
45	75	108,06
45	90	75,83

Obrázek 52 popisuje vzájemnou závislost úhlu zotavení při působení relativních vlhkostí 65, 75 a 90 %. Se stoupající relativní vlhkostí klesá úhel zotavení v 300. sekundě. Koeficient determinance nabývá hodnot od 0 do 1 pro regresní přímky. Hodnoty koeficientu determinace jsou v tomto případě pro všechny regresní přímky kolem jedné, což značí silnou lineární závislost. Při změně teplot nedochází ke změně směrnice regresní přímky, což znamená, že všechny přímky mají velmi podobný sklon. S 95 % pravděpodobností se nachází střední hodnota v tomto intervalu.



Obrázek 52: Závislost úhlu zotavení na relativní vlhkosti

Zobrazení závislosti úhlu zotavení na měnící se teplotě znázorňuje obrázek 53. Úhel zotavení v 300. sekundě lehce stoupal s rostoucí teplotou. Hodnoty koeficientu determinace v tomto obrázku nabývají nižších hodnot. Nejnížší hodnoty determinace koeficientu jsou 0,536 pro relativní vlhkost 75 %. Naopak nejvyšší koeficient determinace je znázorněn u relativní vlhkosti 90 %, a to 0,844.



Obrázek 53: Závislost úhlu zotavení na teplotě

3.6 Diskuze výsledků

Pro provedené měření inovovanou metodou snímání úhlu bylo použito jednoho typu oděvního materiálu (100% CO). Nejprve byla vyhodnocena anizotropie, která závisela na směru vystřížení zkušebních vzorků. Při působení podmínek 25 °C a 65 % došlo k zotavení ve směru 30 ° a 210 ° a s vyšší teplotou se směr zotavení měnil. Zkušební vzorky poté prokázaly nejvyšší zotavení ve směru osnovy 0 ° a 180 ° pro všechny nastavené podmínky. Zotavení zkušebních vzorků mohlo být ovlivněno použitou dostavou, která v tomto případě byla vyšší ve směru osnovy (244 nití/100mm) než ve směru útku (220 nití/100mm). Určitý vliv mohla mít i jemnost osnovních nití, která byla odlišná od jemnosti útkových nití. Ve směru osnovy byly nitě o jemnosti 20x2 tex, zatímco ve směru útku o jemnosti 16,5x2. Nejnížší zotavení textilie prokázaly vzorky ve směru vystřížení 90 ° a 270 °, tedy ve směru útku a dále v diagonálním směru 120 ° a 300 °. Z toho vyplývá, že anizotropie se projevila nejvíce ve směru osnovy.

Dále byl zkoumán vliv vlhkosti na schopnost zotavení textilie během časového záznamu. Při měnících se podmínkách bylo zjištěno nejvyšší zotavení při teplotě 45 °C a relativní vlhkosti vzduchu 65 % a nejnižší hodnoty zotavení byly naměřeny při podmínkách 25 °C a 90 %. Úhel zotavení textilie při relativní vlhkosti 65 % vykazoval o 40,21 % vyšší zotavení než pro relativní vlhkosti 90 %. Z toho vyplývá, že čím nižší byla použitá relativní vlhkost vzduchu, tím vyšší byl úhel zotavení zkušebního materiálu. To znamená, že se stoupající relativní vlhkostí vzduchu se projevuje vyšší mačkavost zkušebních vzorků. U vlivu teploty na schopnost zotavení textilie nebyly patrné rozdíly. U všech vytvořených grafů měla nejvyšší vliv teplota 45 °C.

Během časového průběhu relaxace vzorků bylo prokázáno, že se změnou relativní vlhkosti došlo ke změně úhlu zotavení v první sekundě záznamu. Nejvyšší zotavení vzorků bylo po odebrání závaží v první sekundě záznamu za podmínek 25 °C a 38 %. Zvýšení relativní vlhkosti vzduchu působí negativně na schopnost zotavení vzorku v první sekundě. Počáteční zotavení v první sekundě při podmínkách 25 °C a 90 % bylo o 57,7 % nižší zotavení než při podmínkách 25 °C a 65 %. Vlivem vyšší relativní vlhkosti dochází u bavlněných vláken k bobtnání, které způsobuje tvarové změny (v podélném a příčném směru) a zvýšení hmotnosti. Experiment prokázal, že čím je vyšší relativní vlhkost, tím více vlákno nabobtná a tím méně dochází k jeho zotavení v první sekundě záznamu.

Další vyhodnocení experimentu se týkalo vzniku deformací v oděvní textilií. Složka elastické deformace se nejvíce projevila při konstantní relativní vlhkosti 65 % a měnící se teplotě. Relativní vlhkost vzduchu a teplota neměly výrazný vliv na složku viskoelastické deformace a její hodnoty se pohybovaly kolem 20 – 25 %. U plastické deformace došlo se stoupající relativní vlhkostí a s konstantní teplotou k nárůstu hodnot, které byly v případě použité 100% bavlněné tkaniny v rozmezí od 57,87 % do 61,43 %. Z toho vyplývá, že plastická deformace měla největší podíl na zmačkání oděvní textilie.

Poslední dílčí vyhodnocení bylo provedeno pro vyjádření funkce teploty a vlhkosti. Bylo zjištěno, že relativní vlhkost vzduchu měla vyšší závislost mezi úhlem zotavení než teplota.

4 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zjistit vliv teploty a vlhkosti na mačkavost plošné textilie pomocí inovované metody snímání úhlu zotavení. Metoda umožňovala snímat obraz web kamerou a zaznamenat úhel zotavení v první sekundě po odebrání závaží. Při tomto měření docházelo k simulaci reálného mačkání oděvu.

V teoretické části byla zpracována rešerše anizotropie textilií a vlivu vlhkosti a teploty na tvarovou stálost plošných textilií. Dále byla popsána samotná mačkavost plošných textilií, parametry ovlivňující mačkavost a jednotlivé typy deformací.

V experimentální části byla provedena příprava zkušebních vzorků z jednoho typu materiálu, kterým byla 100% bavlněná plátňová vazba. Pro měření úhlu zotavení inovovanou metodou byly zvoleny půlkruhové zkušební vzorky. Tento tvar zkušebních vzorků umožňoval lepší zotavení textilie v různých nasnímaných směrech. Úhly zotavení byly změřeny v programu NIS Elements.

Z experimentálních výsledků bylo zjištěno, že:

- anizotropie byla ovlivněna směrem vystřížení zkušebních vzorků. Při různých zvolených podmínkách bylo ve většině testovaných vzorků nejvyšší zotavení textilie dosaženo ve směru osnovy (0° a 180°) a nejnižší zotavení ve směru útku (90° a 270°).
- schopnost zotavení textilie se měnila se změnou relativní vlhkosti vzduchu a teploty. Zkušební vzorky byly vystaveny relativní vlhkosti 65, 75 a 90 %. Při relativní vlhkosti 65 % bylo zaznamenáno nejvyšší zotavení textilie, u relativní vlhkosti 90 % zotavení textilie klesalo. Vliv teplot 25, 32, 36 °C byl na schopnost zotavení zanedbatelný.
- plastická a elastická deformace textilie dosahovaly různých hodnot. Plastická deformace se zvyšovala se vzrůstající relativní vlhkostí, elastická deformace byla vyšší při nižší relativní vlhkosti. Zatímco viskoelastická deformace při různých podmínkách vykazovala podobné hodnoty zotavení.

Z celého experimentu vyplývá, že na schopnost zrelaxování plošné textilie měla vliv jak teplota, tak relativní vlhkost vzduchu. Tvarová stálost plošné textilie byla však ve větší míře ovlivněna relativní vlhkostí vzduchu. Její vliv byl prokazatelně vyšší, potvrdily se všeobecné předpoklady na mačkavost plošné bavlněné textilie.

Použitá literatura

- [1] Davídková, B. Vliv struktury textilií na tvarovou stálost plošných textilií. Liberec 2010 s. 40.
- [2] Stálosti a odolnosti plošných textilií. FT TUL, Katedra textilních materiálů. Zkušebnictví přednáška 12.[online].[20.12.2011].
URL:<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20080514/ZKB_prednaska_12.pdf>
- [3] Zelová, K., Fridrichová, L. INNOVATED METHOD OF MEASURING THE CREASE RECOVERY ANGLES OF TEXTILES, STRUTEX (Structure and structural mechanics of textile fabrics). Liberec: TUL, 2009. s. 6.
- [4] CVUT. Návod na cvičení měření vlhkosti.[online].[20.4.2012].
URL:<<http://www.micro.feld.cvut.cz/home/X34SES/cviceni/Navody%20na%20cviceni/07.Mereni%20vlhkosti.pdf>>
- [5] M.D. NikolicÂ, Lj. M. Simovic and T.V. Mihailovic MULTIAXIAL DETERMINATION OF THE RESISTANCE TO CREASING OF CLOTHING WOOL FABRICS, Belgrade, Yugoslavia: Textile Department, Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, 1999
- [6] S. Shaikhzadeh Najar, E. Hezavehi, Sh. Hoseini Hashemi, A. Rashidi INVESTIGATION INTO WRINKLE BEHAVIOR OF WOVEN FABRICS IN A CYLINDRICAL FORM BY MEASURING THEIR TANGENTIAL FORCE, Tehran, Iran: Department of Textile Engineering, 2008
- [7] Kovář, R. Struktura a vlastnosti plošných textilií. Liberec 2003, s. 142. ISBN 80-7083-676-8
- [8] Staněk, J. Nauka o textilních materiálech, díl 1, část 3. Vlastnosti vláken, VŠST, Liberec 1986, s. 143
- [9] Konfekční tvarování. FT TUL, Katedra oděvnictví. Teorie [online], [30.1.2012]
URL:<http://www.kod.tul.cz/ucebni_materialy/tvarovani/teorie_tvar/teorie.htm>
- [10] Havelka, A., Halasová, A. Tepelné a vlhkotepelné tvarování v konfekci. Liberec 2003, s. 127. ISBN 80-7083-713-6
- [11] Hladík, V. a kol. Textilní vlákna. Vydání 1. Praha: SNTL, 1970, s. 300, L-21-C3-IV-41/87739/XII

- [12] Sochor, B. Mačkavost tkanin a její měření. Vydání: Nová technika měření a zkoušení v textilním průmyslu. Praha: SNTL, 1957, s. 179-203.
- [13] Staněk, J. Deformace oděvních textilií. Kandidátská disertační práce, VŠST v Liberci 1981. Vedoucí práce: Jovan Čerčil.
- [14] Polodriver. Statistika. Statistika.[online].[20.4.2012]
URL:<<http://polodriver.uvadi.cz/files/Statistika/Statistika.pdf>>
- [15] A. Merati, H. Patir ANISOTROPY IN WRINKLE PROPERTIES OF WOVEN FABRIC, Tehran, Iran: Textile Engineering Department, Yazd University, Yazd, Iran, 2011
- [16] Perepelkin, K. E., Neklyudova S. A., Smirnova N. A, ANISOTROPY OF WRINKLING OF POLYESTER, POLYESTER LINEN, AND LINEN FABRICS, 2000
- [17] Oděvní materiály. FT TUL, Katedra oděvnictví. Mačkavost. [online].[12.4.2012]
URL:<http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/cvi%C4%8Den%C3%AD/MACKA_VOST1.pdf>
- [18] Norma ČSN EN 22313(80 0820) Zjišťování mačkavosti – schopnost zotavení horizontálně složeného vzorku, měřením úhlu zotavení. Praha, 1994. 8 stran
- [19] KOVAČIČ, V. Kapitoly z textilního zkušebnictví 1,2. Liberec, 2004. ISBN 80-7083-823-X. Textilní zkušebnictví
- [20] Fakulta textilní. Katedra textilních materiálů. Bavlna. [online].[14.4.2012]
URL: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/bavlna>>
- [21] ZELOVÁ, K. K problematice mačkavosti plošných textilií. SVOČ TUL. Liberec 2009. ISBN 978-80-7372-482-5.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Různé tvary polárního diagramu [7]	10
Obrázek 2: Příprava zkušebních vzorků [5]	11
Obrázek 3: Plátňová vazba [5]	11
Obrázek 4: Keprová vazba 2/2 [5]	11
Obrázek 5: Křížový kepr [5]	11
Obrázek 6: Závislost úhlu zotavení na směru vystřížení vzorků s různou zákrutovou úrovní Z-Líc[15]	13
Obrázek 7: Závislost úhlu zotavení na směru vystřížení vzorků s různou zákrutovou úrovní S-Líc[15]	13
Obrázek 8: Závislost úhlu zotavení na směru vystřížení vzorků s různou zákrutovou úrovní Z-Rub[15]	13
Obrázek 9: Závislost úhlu zotavení na směru vystřížení vzorků s různou zákrutovou úrovní S-Rub[15]	13
Obrázek 10: Standardní prostředí [16]	14
Obrázek 11: Vlhké prostředí [16]	14
Obrázek 12: Inovovaný tvar zkušebních vzorků [3]	15
Obrázek 13: Testr AATCC[6]	16
Obrázek 14: Schéma testru AATCC[6]	16
Obrázek 15: Proces generace záhybů ve směru osnovy s 9,10 otáček/m a) $\theta = 0^\circ$, b) $\theta = 150^\circ$, c) $\theta = 300^\circ$, d) $\theta = 350^\circ$	17
Obrázek 16: Bavlněné vlákno[20]	19
Obrázek 17: Průběh deformace po odlehčení vzorku [2]	22
Obrázek 18: Simulace deformace - mačkavost [2]	23
Obrázek 19: Desorpce a absorpce [9]	25
Obrázek 20: Schéma snímání web kamerou [1]	32
Obrázek 21: Příprava vzorků [1]	33
Obrázek 22: Podrobná ukázka přípravy vzorku a jeho přehnutí	33
Obrázek 23: Klima komora KBF 240	34
Obrázek 24: Zkušební vzorky v klima komoře	34
Obrázek 25: Zatížené zkoušené vzorky	36

Obrázek 26: Zkoušený vzorek v době relaxace	36
Obrázek 27: Měření úhlu v programu Nis Elements AR.....	36
Obrázek 28: Anizotropie úhlu zotavení [°] v 300s pro různou relativní vlhkost.....	37
Obrázek 29: Anizotropie úhlu zotavení [°] v 300s pro různou relativní vlhkost.....	37
Obrázek 30: Anizotropie úhlu zotavení [°] v 300s pro různou relativní vlhkost.....	38
Obrázek 31: Anizotropie úhlu zotavení [°] v 300s pro různou relativní vlhkost.....	38
Obrázek 32: Závislost úhlu zotavení na směru střížení vzorku	39
Obrázek 33: Závislost úhlu zotavení na směru střížení vzorku	39
Obrázek 34: Závislost úhlu zotavení na směru střížení vzorku	39
Obrázek 35: Závislost úhlu zotavení na směru střížení vzorku	39
Obrázek 36: Anizotropie úhlu zotavení [°] v 300s pro různou teplotu.....	40
Obrázek 37: Anizotropie úhlu zotavení [°] v 300s pro různou teplotu.....	40
Obrázek 38: Anizotropie úhlu zotavení [°] v 300s pro různou teplotu.....	40
Obrázek 39: Závislost úhlu zotavení na směru střížení vzorku	41
Obrázek 40: Závislost úhlu zotavení na směru střížení vzorku	41
Obrázek 41: Závislost úhlu zotavení na směru střížení vzorku	41
Obrázek 42: Vliv vlhkosti na schopnost zotavení textilie	42
Obrázek 43: Vliv vlhkosti na schopnost zotavení textilie	42
Obrázek 44: Vliv vlhkosti na schopnost zotavení textilie	42
Obrázek 45: Vliv vlhkosti na schopnost zotavení textilie	42
Obrázek 46: Vliv teploty na schopnost zotavení textilie	43
Obrázek 47: Vliv teploty na schopnost zotavení textilie	43
Obrázek 48: Vliv teploty na schopnost zotavení textilie	44
Obrázek 49: Schopnost zotavení textilie v průběhu relaxace vzorku	45
Obrázek 50: Deformace elastická, viskoelastická a plastická	47
Obrázek 51: Závislost úhlu zotavení na teplotě a relativní vlhkosti.....	49
Obrázek 52: Závislost úhlu zotavení na relativní vlhkosti	50
Obrázek 53: Závislost úhlu zotavení na teplotě.....	51

Seznam tabulek

Tabulka 1: Podmínky provedené studie.....	14
Tabulka 2: Klimatizování vzorků	21
Tabulka 3: Vlhkost a bobtnání vláken [9]	26
Tabulka 4: Vlhkosti vláken při teplotě 24 °C [11].....	26
Tabulka 5: Obsah vlhkosti při relativní vlhkosti vzduchu 70 % a různých teplotách[11]	27
Tabulka 6: Pevnost vybraných vláken při různých relativních vlhkostech [11].....	28
Tabulka 7: Mačkovost – úhel zotavení [12].....	28
Tabulka 8: Rozpětí mechanických veličin [11]	29
Tabulka 9: Charakteristika materiálu.....	31
Tabulka 10: Relaxace vzorku	44
Tabulka 11: Podíl deformace	46
Tabulka 12: Hmotnostní přírůstek	48
Tabulka 13: Celkové průměrné hodnoty	50

Seznam příloh

Příloha 1: Charakteristika použitého materiálu M2	60
Příloha 2: Podmínky relativní vlhkosti a teploty	61
Příloha 3: Hmotnostní přírůstek.....	74
Příloha 4: Statistické vyhodnocení úhlu zotavení v 300s	75

Přílohy

Příloha 1: Charakteristika použitého materiálu M2

Vazba	plátňová	
Materiálové složení	100% CO	
Dostava osnovy [nití/100mm]	244	
Dostava útku [nití/100mm]	220	
Plošná hmotnost [g/m ²]	181,9	

Příloha 2: Podmínky relativní vlhkosti a teploty

25°C/38%	Øα [°] - běžné podmínky (laboratoř OD3)												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	75,95	84,71	84,55	66,45	82,64	90,78	75,95	84,71	84,55	66,45	82,64	90,78	80,85
2	75,95	90,56	91,30	74,35	89,54	98,93	75,95	90,56	91,30	74,35	89,54	98,93	86,77
3	80,37	93,45	94,49	77,64	92,06	101,86	80,37	93,45	94,49	77,64	92,06	101,86	89,98
4	82,97	95,57	96,62	79,65	94,19	103,86	82,97	95,57	96,62	79,65	94,19	103,86	92,14
5	85,04	97,09	98,28	81,17	95,47	105,00	85,04	97,09	98,28	81,17	95,47	105,00	93,68
6	86,70	98,38	99,46	82,59	96,69	105,95	86,70	98,38	99,46	82,59	96,69	105,95	94,96
7	87,71	99,26	100,54	83,59	97,65	107,02	87,71	99,26	100,54	83,59	97,65	107,02	95,96
8	89,02	99,89	101,53	84,79	98,54	108,00	89,02	99,89	101,53	84,79	98,54	108,00	96,96
9	90,06	100,60	102,34	85,65	99,23	108,47	90,06	100,60	102,34	85,65	99,23	108,47	97,73
10	90,65	101,42	103,27	86,49	99,94	109,30	90,65	101,42	103,27	86,49	99,94	109,30	98,51
15	92,91	103,24	104,97	88,03	100,91	111,26	92,91	103,24	104,97	88,03	100,91	111,26	100,22
20	94,74	104,67	106,66	89,31	102,08	112,75	94,74	104,67	106,66	89,31	102,08	112,75	101,70
25	95,98	106,03	107,55	90,80	103,24	114,07	95,98	106,03	107,55	90,80	103,24	114,07	102,95
30	97,43	107,08	108,82	92,00	104,26	114,77	97,43	107,08	108,82	92,00	104,26	114,77	104,06
35	98,43	107,83	109,74	92,95	104,92	115,32	98,43	107,83	109,74	92,95	104,92	115,32	104,86
40	99,35	108,63	110,41	93,78	105,67	116,32	99,35	108,63	110,41	93,78	105,67	116,32	105,69
45	100,20	109,30	111,05	94,59	106,30	116,61	100,20	109,30	111,05	94,59	106,30	116,61	106,34
50	100,89	110,11	111,57	95,37	106,95	117,22	100,89	110,11	111,57	95,37	106,95	117,22	107,02
55	101,31	110,60	112,15	96,18	107,57	117,65	101,31	110,60	112,15	96,18	107,57	117,65	107,58
60	102,04	111,11	112,62	96,83	108,00	118,10	102,04	111,11	112,62	96,83	108,00	118,10	108,12
120	104,48	113,19	114,40	98,55	109,47	120,45	104,48	113,19	114,40	98,55	109,47	120,45	110,09
180	106,72	114,95	116,04	100,22	110,84	121,56	106,72	114,95	116,04	100,22	110,84	121,56	111,72
240	108,23	116,41	117,59	101,65	112,05	122,22	108,23	116,41	117,59	101,65	112,05	122,22	113,02
300	109,54	117,46	118,80	102,55	112,86	123,00	109,54	117,46	118,80	102,55	112,86	123,00	114,03

25°C/65%	Øα [°]												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	72,86	78,34	74,61	62,41	71,92	74,45	72,86	78,34	74,61	62,41	71,92	74,45	72,43
2	83,86	89,10	86,38	73,07	81,49	86,15	83,86	89,10	86,38	73,07	81,49	86,15	83,34
3	88,28	93,31	90,16	77,01	85,59	90,09	88,28	93,31	90,16	77,01	85,59	90,09	87,41
4	91,10	96,11	92,32	79,83	88,46	92,90	91,10	96,11	92,32	79,83	88,46	92,90	90,12
5	93,31	97,94	94,25	81,78	89,89	94,61	93,31	97,94	94,25	81,78	89,89	94,61	91,96
6	94,99	99,51	95,38	82,86	90,90	96,17	94,99	99,51	95,38	82,86	90,90	96,17	93,30
7	96,34	100,62	96,80	83,97	92,29	97,63	96,34	100,62	96,80	83,97	92,29	97,63	94,61
8	97,45	101,60	97,57	84,75	93,28	98,67	97,45	101,60	97,57	84,75	93,28	98,67	95,55
9	98,19	102,41	98,37	85,73	94,25	99,60	98,19	102,41	98,37	85,73	94,25	99,60	96,42
10	99,07	103,10	99,09	86,49	94,99	100,77	99,07	103,10	99,09	86,49	94,99	100,77	97,25
15	102,72	106,18	101,45	89,26	97,69	103,90	102,72	106,18	101,45	89,26	97,69	103,90	100,20
20	104,85	108,46	103,33	91,22	99,20	105,66	104,85	108,46	103,33	91,22	99,20	105,66	102,12
25	106,34	109,98	104,83	92,52	100,32	107,16	106,34	109,98	104,83	92,52	100,32	107,16	103,52
30	107,66	111,41	105,85	93,40	101,50	108,28	107,66	111,41	105,85	93,40	101,50	108,28	104,68
35	108,71	112,33	107,05	94,39	102,67	109,39	108,71	112,33	107,05	94,39	102,67	109,39	105,76
40	109,52	113,18	107,67	95,01	103,78	110,33	109,52	113,18	107,67	95,01	103,78	110,33	106,58
45	110,11	114,13	108,29	95,78	104,33	111,08	110,11	114,13	108,29	95,78	104,33	111,08	107,29
50	110,83	114,75	109,12	96,43	105,14	111,93	110,83	114,75	109,12	96,43	105,14	111,93	108,03
55	111,42	115,27	109,56	97,00	105,84	112,62	111,42	115,27	109,56	97,00	105,84	112,62	108,62
60	111,91	115,89	110,24	97,44	106,52	113,21	111,91	115,89	110,24	97,44	106,52	113,21	109,20
120	115,84	119,09	112,68	100,37	108,93	116,33	115,84	119,09	112,68	100,37	108,93	116,33	112,20
180	117,96	121,27	114,34	102,19	110,61	117,76	117,96	121,27	114,34	102,19	110,61	117,76	114,02
240	119,36	122,42	115,76	103,19	111,69	119,30	119,36	122,42	115,76	103,19	111,69	119,30	115,29
300	120,41	123,13	116,40	104,16	112,63	120,08	120,41	123,13	116,40	104,16	112,63	120,08	116,13

25°C/75%	Øα [°]												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	59,13	62,14	59,31	50,79	54,32	54,33	59,13	62,14	59,31	50,79	54,32	54,33	56,67
2	66,91	70,27	66,47	56,79	60,94	62,35	66,91	70,27	66,47	56,79	60,94	62,35	63,95
3	70,90	73,98	69,85	59,73	64,54	65,67	70,90	73,98	69,85	59,73	64,54	65,67	67,45
4	73,31	75,93	71,86	61,85	66,31	67,57	73,31	75,93	71,86	61,85	66,31	67,57	69,47
5	75,47	77,89	73,55	63,32	67,68	69,68	75,47	77,89	73,55	63,32	67,68	69,68	71,26
6	77,03	79,57	74,74	64,46	69,22	70,98	77,03	79,57	74,74	64,46	69,22	70,98	72,67
7	78,33	80,75	75,67	65,54	70,07	71,60	78,33	80,75	75,67	65,54	70,07	71,60	73,66
8	79,37	82,46	76,70	66,31	71,03	72,83	79,37	82,46	76,70	66,31	71,03	72,83	74,78
9	80,40	83,68	77,47	67,13	71,73	73,92	80,40	83,68	77,47	67,13	71,73	73,92	75,72
10	81,40	84,70	78,23	67,88	72,13	74,80	81,40	84,70	78,23	67,88	72,13	74,80	76,52
15	84,81	87,45	80,45	70,54	75,08	77,28	84,81	87,45	80,45	70,54	75,08	77,28	79,27
20	87,36	89,82	82,40	72,48	76,83	79,69	87,36	89,82	82,40	72,48	76,83	79,69	81,43
25	89,41	91,53	83,65	73,89	78,74	81,30	89,41	91,53	83,65	73,89	78,74	81,30	83,09
30	90,52	93,01	84,98	75,14	79,74	82,69	90,52	93,01	84,98	75,14	79,74	82,69	84,35
35	92,19	94,11	86,34	76,12	80,91	83,85	92,19	94,11	86,34	76,12	80,91	83,85	85,59
40	93,14	95,08	87,14	76,96	81,92	84,80	93,14	95,08	87,14	76,96	81,92	84,80	86,51
45	94,12	95,97	87,93	77,73	82,50	85,71	94,12	95,97	87,93	77,73	82,50	85,71	87,32
50	95,03	96,88	88,77	78,39	83,13	86,49	95,03	96,88	88,77	78,39	83,13	86,49	88,12
55	95,70	97,36	89,60	78,93	84,19	87,33	95,70	97,36	89,60	78,93	84,19	87,33	88,85
60	96,53	98,21	90,30	79,56	84,88	88,04	96,53	98,21	90,30	79,56	84,88	88,04	89,59
120	101,59	102,81	93,50	83,30	88,64	92,56	101,59	102,81	93,50	83,30	88,64	92,56	93,73
180	104,37	105,88	95,79	85,27	90,98	95,50	104,37	105,88	95,79	85,27	90,98	95,50	96,30
240	106,20	108,09	97,40	86,73	92,42	96,96	106,20	108,09	97,40	86,73	92,42	96,96	97,97
300	107,42	109,42	98,82	87,87	93,54	98,17	107,42	109,42	98,82	87,87	93,54	98,17	99,21

25°C/90%	$\varnothing\alpha$ [°]												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	\varnothing [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	38,32	31,33	29,55	27,60	26,67	30,25	38,32	31,33	29,55	27,60	26,67	30,25	30,62
2	43,52	35,04	32,98	31,54	29,93	34,18	43,52	35,04	32,98	31,54	29,93	34,18	34,53
3	46,49	36,92	34,83	33,52	31,72	36,25	46,49	36,92	34,83	33,52	31,72	36,25	36,62
4	48,32	38,31	35,81	34,84	32,98	37,57	48,32	38,31	35,81	34,84	32,98	37,57	37,97
5	49,64	39,28	36,89	35,91	33,95	38,67	49,64	39,28	36,89	35,91	33,95	38,67	39,06
6	50,52	39,98	37,78	36,70	34,62	39,56	50,52	39,98	37,78	36,70	34,62	39,56	39,86
7	51,60	40,87	38,39	37,54	35,11	40,48	51,60	40,87	38,39	37,54	35,11	40,48	40,67
8	52,68	41,78	38,93	38,18	35,74	41,12	52,68	41,78	38,93	38,18	35,74	41,12	41,40
9	53,43	42,42	39,51	38,86	36,32	41,79	53,43	42,42	39,51	38,86	36,32	41,79	42,06
10	54,36	43,00	40,22	39,35	36,88	42,27	54,36	43,00	40,22	39,35	36,88	42,27	42,68
15	56,53	45,09	42,19	41,77	38,61	44,53	56,53	45,09	42,19	41,77	38,61	44,53	44,79
20	58,93	46,40	43,30	43,23	40,31	46,39	58,93	46,40	43,30	43,23	40,31	46,39	46,43
25	61,20	47,98	44,38	44,41	41,80	47,87	61,20	47,98	44,38	44,41	41,80	47,87	47,94
30	62,86	49,35	45,22	45,27	42,81	49,28	62,86	49,35	45,22	45,27	42,81	49,28	49,13
35	64,25	50,19	46,40	46,33	43,81	50,45	64,25	50,19	46,40	46,33	43,81	50,45	50,24
40	65,55	51,10	47,20	46,81	44,88	51,46	65,55	51,10	47,20	46,81	44,88	51,46	51,17
45	66,56	51,96	47,92	47,71	45,84	52,39	66,56	51,96	47,92	47,71	45,84	52,39	52,06
50	67,67	52,83	48,61	48,49	46,57	53,33	67,67	52,83	48,61	48,49	46,57	53,33	52,91
55	68,67	53,54	49,35	49,13	47,19	54,29	68,67	53,54	49,35	49,13	47,19	54,29	53,69
60	69,57	54,55	49,97	49,72	47,74	54,96	69,57	54,55	49,97	49,72	47,74	54,96	54,42
120	74,81	60,48	55,06	54,07	54,32	61,97	74,81	60,48	55,06	54,07	54,32	61,97	60,12
180	80,90	64,32	58,67	57,72	58,38	66,50	80,90	64,32	58,67	57,72	58,38	66,50	64,41
240	83,95	66,92	60,79	60,26	61,33	69,49	83,95	66,92	60,79	60,26	61,33	69,49	67,13
300	87,84	68,46	62,53	62,45	63,18	72,13	87,84	68,46	62,53	62,45	63,18	72,13	69,43

32°C/65%	Øα [°]												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	77,89	74,91	78,74	66,16	73,92	78,57	77,89	74,91	78,74	66,16	73,92	78,57	75,03
2	86,95	85,89	88,40	74,92	81,66	88,29	86,95	85,89	88,40	74,92	81,66	88,29	84,35
3	91,39	90,44	92,13	78,21	84,98	91,79	91,39	90,44	92,13	78,21	84,98	91,79	88,16
4	94,04	95,17	94,46	80,34	86,56	91,76	94,04	95,17	94,46	80,34	86,56	91,76	90,39
5	95,82	96,86	96,32	82,14	88,25	95,57	95,82	96,86	96,32	82,14	88,25	95,57	92,49
6	97,62	98,44	97,65	83,40	89,47	96,82	97,62	98,44	97,65	83,40	89,47	96,82	93,90
7	98,91	99,58	98,75	84,43	90,47	95,98	98,91	99,58	98,75	84,43	90,47	95,98	94,69
8	99,76	100,36	99,81	85,56	91,15	98,63	99,76	100,36	99,81	85,56	91,15	98,63	95,88
9	101,11	101,23	100,47	86,42	92,04	99,39	101,11	101,23	100,47	86,42	92,04	99,39	96,78
10	101,80	102,40	101,02	86,86	92,54	100,46	101,80	102,40	101,02	86,86	92,54	100,46	97,52
15	105,20	104,78	104,05	89,59	95,53	102,75	105,20	104,78	104,05	89,59	95,53	102,75	100,32
20	107,38	106,75	105,76	91,27	97,09	104,05	107,38	106,75	105,76	91,27	97,09	104,05	102,05
25	109,16	107,99	107,26	92,39	98,40	105,29	109,16	107,99	107,26	92,39	98,40	105,29	103,42
30	110,07	108,89	108,14	93,32	99,29	106,39	110,07	108,89	108,14	93,32	99,29	106,39	104,35
35	110,85	109,71	108,92	94,28	100,11	107,21	110,85	109,71	108,92	94,28	100,11	107,21	105,18
40	111,60	110,23	109,90	94,95	100,96	107,81	111,60	110,23	109,90	94,95	100,96	107,81	105,91
45	112,27	110,85	110,75	95,41	101,47	108,27	112,27	110,85	110,75	95,41	101,47	108,27	106,50
50	112,87	111,48	111,20	95,87	101,97	108,95	112,87	111,48	111,20	95,87	101,97	108,95	107,06
55	113,51	111,94	111,66	96,16	102,47	109,58	113,51	111,94	111,66	96,16	102,47	109,58	107,55
60	114,21	112,46	112,20	96,66	102,94	110,32	114,21	112,46	112,20	96,66	102,94	110,32	108,13
120	118,64	116,23	115,40	100,25	106,97	113,34	118,64	116,23	115,40	100,25	106,97	113,34	111,81
180	120,38	118,37	117,03	101,73	108,70	115,21	120,38	118,37	117,03	101,73	108,70	115,21	113,57
240	121,70	119,30	118,36	102,77	109,80	116,02	121,70	119,30	118,36	102,77	109,80	116,02	114,66
300	122,50	120,15	119,30	103,61	110,45	116,85	122,50	120,15	119,30	103,61	110,45	116,85	115,47

32°C/75%	Øα [°]												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	66,08	69,23	63,36	54,08	59,25	58,53	66,08	69,23	63,36	54,08	59,25	58,53	61,75
2	75,76	78,54	73,85	63,52	66,96	69,50	75,76	78,54	73,85	63,52	66,96	69,50	71,36
3	80,36	82,81	77,96	67,46	70,50	73,60	80,36	82,81	77,96	67,46	70,50	73,60	75,45
4	83,26	85,30	80,22	69,78	72,68	76,04	83,26	85,30	80,22	69,78	72,68	76,04	77,88
5	85,50	87,08	81,97	71,61	74,17	78,07	85,50	87,08	81,97	71,61	74,17	78,07	79,73
6	87,24	88,54	83,34	73,26	75,48	79,43	87,24	88,54	83,34	73,26	75,48	79,43	81,21
7	88,43	89,63	84,92	74,24	76,73	80,88	88,43	89,63	84,92	74,24	76,73	80,88	82,47
8	89,81	90,69	85,68	75,28	77,67	82,10	89,81	90,69	85,68	75,28	77,67	82,10	83,54
9	90,82	91,63	86,54	76,16	78,64	83,12	90,82	91,63	86,54	76,16	78,64	83,12	84,49
10	91,74	93,79	87,42	77,89	79,84	83,93	91,74	93,79	87,42	77,89	79,84	83,93	85,77
15	95,08	96,52	90,33	80,29	82,52	87,36	95,08	96,52	90,33	80,29	82,52	87,36	88,68
20	97,83	98,16	92,19	82,02	84,42	89,50	97,83	98,16	92,19	82,02	84,42	89,50	90,68
25	99,51	99,23	93,80	83,37	85,57	91,29	99,51	99,23	93,80	83,37	85,57	91,29	92,13
30	101,00	100,56	94,90	84,56	86,81	92,77	101,00	100,56	94,90	84,56	86,81	92,77	93,43
35	102,48	101,29	95,90	85,39	87,93	93,82	102,48	101,29	95,90	85,39	87,93	93,82	94,47
40	103,38	102,05	96,81	86,10	88,84	94,67	103,38	102,05	96,81	86,10	88,84	94,67	95,31
45	104,11	102,82	97,62	86,71	89,61	95,70	104,11	102,82	97,62	86,71	89,61	95,70	96,09
50	104,93	103,29	98,30	87,33	90,09	96,43	104,93	103,29	98,30	87,33	90,09	96,43	96,73
55	105,64	103,96	98,96	87,96	90,93	97,23	105,64	103,96	98,96	87,96	90,93	97,23	97,45
60	106,22	104,59	99,46	88,48	91,58	97,90	106,22	104,59	99,46	88,48	91,58	97,90	98,04
120	111,13	109,25	103,23	92,19	95,60	102,39	111,13	109,25	103,23	92,19	95,60	102,39	102,30
180	113,52	111,23	105,18	94,37	97,63	105,24	113,52	111,23	105,18	94,37	97,63	105,24	104,53
240	115,05	112,79	106,71	95,87	98,75	107,08	115,05	112,79	106,71	95,87	98,75	107,08	106,04
300	116,08	113,85	108,13	96,99	99,98	108,35	116,08	113,85	108,13	96,99	99,98	108,35	107,23

32°C/90%	Øα [°]												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	38,20	33,62	32,92	28,73	28,34	30,89	38,20	33,62	32,92	28,73	28,34	30,89	31,57
2	43,69	37,89	38,04	32,94	32,56	35,53	43,69	37,89	38,04	32,94	32,56	35,53	36,15
3	46,23	40,07	40,39	34,98	34,29	37,81	46,23	40,07	40,39	34,98	34,29	37,81	38,30
4	48,10	41,35	41,79	36,50	35,80	39,33	48,10	41,35	41,79	36,50	35,80	39,33	39,78
5	49,45	42,42	42,95	37,47	36,70	40,52	49,45	42,42	42,95	37,47	36,70	40,52	40,87
6	50,73	43,29	43,86	38,39	37,47	41,39	50,73	43,29	43,86	38,39	37,47	41,39	41,78
7	51,72	44,05	44,52	39,04	38,39	42,20	51,72	44,05	44,52	39,04	38,39	42,20	42,56
8	52,60	44,68	45,28	39,79	38,80	42,88	52,60	44,68	45,28	39,79	38,80	42,88	43,22
9	53,30	45,43	45,84	40,60	39,33	43,58	53,30	45,43	45,84	40,60	39,33	43,58	43,89
10	54,66	45,89	46,24	41,23	39,85	44,17	54,66	45,89	46,24	41,23	39,85	44,17	44,49
15	57,68	48,01	48,32	43,20	41,82	46,59	57,68	48,01	48,32	43,20	41,82	46,59	46,69
20	59,58	49,74	50,09	44,58	43,45	48,24	59,58	49,74	50,09	44,58	43,45	48,24	48,34
25	61,22	51,11	51,49	45,93	44,56	49,56	61,22	51,11	51,49	45,93	44,56	49,56	49,68
30	62,70	52,45	52,71	46,75	45,58	51,04	62,70	52,45	52,71	46,75	45,58	51,04	50,89
35	63,95	53,48	53,49	47,58	46,49	52,31	63,95	53,48	53,49	47,58	46,49	52,31	51,88
40	64,97	54,35	54,44	48,59	47,32	53,25	64,97	54,35	54,44	48,59	47,32	53,25	52,80
45	65,93	55,26	55,26	49,49	48,03	54,15	65,93	55,26	55,26	49,49	48,03	54,15	53,66
50	66,74	56,15	56,21	50,22	48,68	55,20	66,74	56,15	56,21	50,22	48,68	55,20	54,51
55	67,58	57,01	56,90	50,83	48,93	56,11	67,58	57,01	56,90	50,83	48,93	56,11	55,19
60	68,58	57,64	57,35	51,89	49,65	56,92	68,58	57,64	57,35	51,89	49,65	56,92	55,95
120	76,01	63,97	63,33	55,98	55,26	63,46	76,01	63,97	63,33	55,98	55,26	63,46	61,82
180	80,07	67,65	66,91	59,28	58,63	67,64	80,07	67,65	66,91	59,28	58,63	67,64	65,48
240	83,22	70,67	70,14	61,68	61,35	70,76	83,22	70,67	70,14	61,68	61,35	70,76	68,40
300	85,42	72,83	72,02	63,84	63,17	73,24	85,42	72,83	72,02	63,84	63,17	73,24	70,51

36°C/65%	Øα [°]												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	76,85	78,27	79,45	67,33	71,08	70,65	76,85	78,27	79,45	67,33	71,08	70,65	73,94
2	86,91	88,73	88,19	75,19	78,88	83,10	86,91	88,73	88,19	75,19	78,88	83,10	83,50
3	91,44	93,05	91,84	78,78	82,59	87,77	91,44	93,05	91,84	78,78	82,59	87,77	87,58
4	94,03	95,40	94,35	80,95	84,90	90,21	94,03	95,40	94,35	80,95	84,90	90,21	89,97
5	96,36	97,25	95,88	82,91	86,04	92,38	96,36	97,25	95,88	82,91	86,04	92,38	91,80
6	97,89	98,89	97,53	84,76	87,40	93,98	97,89	98,89	97,53	84,76	87,40	93,98	93,41
7	99,20	99,93	98,51	85,99	88,50	95,26	99,20	99,93	98,51	85,99	88,50	95,26	94,56
8	100,59	100,92	100,10	87,35	89,49	96,50	100,59	100,92	100,10	87,35	89,49	96,50	95,82
9	101,54	101,77	100,96	88,03	90,23	97,28	101,54	101,77	100,96	88,03	90,23	97,28	96,63
10	102,23	102,69	101,60	89,27	91,97	98,29	102,23	102,69	101,60	89,27	91,97	98,29	97,68
15	105,68	105,55	104,01	91,85	94,54	101,81	105,68	105,55	104,01	91,85	94,54	101,81	100,57
20	107,94	106,95	106,28	94,08	96,56	103,73	107,94	106,95	106,28	94,08	96,56	103,73	102,59
25	109,48	108,20	107,67	95,41	98,02	105,21	109,48	108,20	107,67	95,41	98,02	105,21	104,00
30	111,05	109,66	109,00	96,28	98,98	106,71	111,05	109,66	109,00	96,28	98,98	106,71	105,28
35	112,06	110,29	110,06	97,27	99,84	107,90	112,06	110,29	110,06	97,27	99,84	107,90	106,24
40	112,89	111,22	110,87	97,97	100,77	108,98	112,89	111,22	110,87	97,97	100,77	108,98	107,12
45	113,78	111,84	111,65	98,63	101,36	109,70	113,78	111,84	111,65	98,63	101,36	109,70	107,82
50	114,48	112,47	112,54	99,44	101,98	110,65	114,48	112,47	112,54	99,44	101,98	110,65	108,59
55	115,12	113,12	113,07	100,00	102,55	111,25	115,12	113,12	113,07	100,00	102,55	111,25	109,18
60	115,59	113,59	113,46	100,50	103,17	112,04	115,59	113,59	113,46	100,50	103,17	112,04	109,72
120	119,84	116,96	116,73	103,90	106,86	115,48	119,84	116,96	116,73	103,90	106,86	115,48	113,29
180	122,19	118,44	118,54	105,64	108,43	117,91	122,19	118,44	118,54	105,64	108,43	117,91	115,19
240	124,09	119,63	120,00	107,18	110,00	119,44	124,09	119,63	120,00	107,18	110,00	119,44	116,72
300	125,26	120,91	120,89	107,97	110,76	120,66	125,26	120,91	120,89	107,97	110,76	120,66	117,74

36°C/75%	Øα [°]												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	64,99	64,50	62,48	54,59	52,94	56,19	64,99	64,50	62,48	54,59	52,94	56,19	59,28
2	73,86	72,23	70,27	61,55	60,52	64,42	73,86	72,23	70,27	61,55	60,52	64,42	67,14
3	77,65	75,70	73,78	64,75	63,81	67,62	77,65	75,70	73,78	64,75	63,81	67,62	70,55
4	80,58	77,73	75,96	66,95	65,93	69,93	80,58	77,73	75,96	66,95	65,93	69,93	72,84
5	82,44	79,51	77,79	68,53	67,57	71,29	82,44	79,51	77,79	68,53	67,57	71,29	74,52
6	84,10	80,65	79,36	69,88	68,83	72,53	84,10	80,65	79,36	69,88	68,83	72,53	75,89
7	85,50	81,78	80,47	70,84	69,86	73,75	85,50	81,78	80,47	70,84	69,86	73,75	77,03
8	86,81	82,93	81,39	71,60	70,95	74,62	86,81	82,93	81,39	71,60	70,95	74,62	78,05
9	87,63	83,72	82,01	72,29	71,40	75,73	87,63	83,72	82,01	72,29	71,40	75,73	78,80
10	88,65	84,61	83,04	73,02	72,19	77,03	88,65	84,61	83,04	73,02	72,19	77,03	79,76
15	91,84	87,64	85,76	76,07	75,24	79,79	91,84	87,64	85,76	76,07	75,24	79,79	82,72
20	94,17	89,53	88,05	77,82	77,09	81,72	94,17	89,53	88,05	77,82	77,09	81,72	84,73
25	96,17	91,28	89,70	79,15	78,74	83,22	96,17	91,28	89,70	79,15	78,74	83,22	86,38
30	97,72	92,63	90,82	80,60	80,01	84,79	97,72	92,63	90,82	80,60	80,01	84,79	87,76
35	98,87	93,66	92,10	81,13	80,84	85,52	98,87	93,66	92,10	81,13	80,84	85,52	88,69
40	99,80	94,60	93,15	82,09	81,93	86,75	99,80	94,60	93,15	82,09	81,93	86,75	89,72
45	100,84	95,59	93,73	82,91	82,60	87,65	100,84	95,59	93,73	82,91	82,60	87,65	90,55
50	101,45	96,24	94,46	83,62	83,49	88,46	101,45	96,24	94,46	83,62	83,49	88,46	91,29
55	102,23	96,98	95,11	84,21	84,31	88,86	102,23	96,98	95,11	84,21	84,31	88,86	91,95
60	102,75	97,51	95,65	84,56	84,87	89,51	102,75	97,51	95,65	84,56	84,87	89,51	92,47
120	107,85	101,92	99,49	88,59	89,16	94,08	107,85	101,92	99,49	88,59	89,16	94,08	96,85
180	110,32	104,55	101,67	91,15	91,09	96,67	110,32	104,55	101,67	91,15	91,09	96,67	99,24
240	112,09	106,19	103,31	92,17	92,95	98,36	112,09	106,19	103,31	92,17	92,95	98,36	100,84
300	113,53	107,39	104,59	93,24	94,16	99,84	113,53	107,39	104,59	93,24	94,16	99,84	102,12

36°C/90%	Øα [°]												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	38,21	33,47	33,15	27,82	28,03	31,06	38,21	33,47	33,15	27,82	28,03	31,06	31,96
2	43,57	38,05	38,54	32,13	32,28	35,57	43,57	38,05	38,54	32,13	32,28	35,57	36,69
3	46,21	40,14	40,59	34,04	34,15	37,93	46,21	40,14	40,59	34,04	34,15	37,93	38,84
4	47,89	41,33	42,24	35,38	35,35	39,47	47,89	41,33	42,24	35,38	35,35	39,47	40,28
5	49,09	42,34	43,17	36,41	36,27	40,42	49,09	42,34	43,17	36,41	36,27	40,42	41,28
6	50,06	43,16	44,09	37,17	37,47	41,54	50,06	43,16	44,09	37,17	37,47	41,54	42,25
7	51,05	43,97	44,90	37,83	38,10	42,37	51,05	43,97	44,90	37,83	38,10	42,37	43,04
8	52,01	44,59	45,62	38,62	38,72	42,98	52,01	44,59	45,62	38,62	38,72	42,98	43,76
9	52,70	45,24	46,37	39,05	39,39	43,62	52,70	45,24	46,37	39,05	39,39	43,62	44,39
10	54,42	45,89	47,02	40,04	40,16	44,28	54,42	45,89	47,02	40,04	40,16	44,28	45,30
15	57,04	48,20	49,21	42,11	41,90	46,83	57,04	48,20	49,21	42,11	41,90	46,83	47,55
20	58,97	49,83	50,78	43,59	43,02	48,38	58,97	49,83	50,78	43,59	43,02	48,38	49,09
25	60,26	51,09	52,11	44,52	44,40	50,16	60,26	51,09	52,11	44,52	44,40	50,16	50,42
30	61,60	51,83	53,33	45,49	45,33	51,49	61,60	51,83	53,33	45,49	45,33	51,49	51,51
35	62,89	53,03	54,24	46,32	46,37	52,52	62,89	53,03	54,24	46,32	46,37	52,52	52,56
40	63,82	53,91	54,98	47,19	46,75	53,43	63,82	53,91	54,98	47,19	46,75	53,43	53,35
45	64,90	54,76	55,87	47,77	47,60	54,54	64,90	54,76	55,87	47,77	47,60	54,54	54,24
50	65,87	55,81	56,66	48,41	48,41	55,43	65,87	55,81	56,66	48,41	48,41	55,43	55,10
55	66,91	56,59	57,42	49,24	49,20	56,33	66,91	56,59	57,42	49,24	49,20	56,33	55,95
60	67,65	57,27	57,92	49,75	49,80	57,12	67,65	57,27	57,92	49,75	49,80	57,12	56,58
120	74,79	63,36	64,00	54,10	55,05	63,64	74,79	63,36	64,00	54,10	55,05	63,64	62,49
180	78,84	67,05	67,63	57,37	58,40	68,13	78,84	67,05	67,63	57,37	58,40	68,13	66,24
240	81,70	69,76	70,10	59,75	61,07	71,31	81,70	69,76	70,10	59,75	61,07	71,31	68,95
300	83,96	71,69	71,81	61,25	62,90	73,12	83,96	71,69	71,81	61,25	62,90	73,12	70,79

45°C/65%	Øα [°]												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	80,33	81,23	83,07	69,71	72,85	75,70	80,33	81,23	83,07	69,71	72,85	75,70	77,15
2	91,13	91,85	93,41	79,18	81,81	87,84	91,13	91,85	93,41	79,18	81,81	87,84	87,54
3	95,61	96,05	97,56	83,32	85,39	92,16	95,61	96,05	97,56	83,32	85,39	92,16	91,68
4	98,59	98,88	99,94	86,05	87,76	95,26	98,59	98,88	99,94	86,05	87,76	95,26	94,41
5	100,95	100,75	101,74	87,69	89,49	97,14	100,95	100,75	101,74	87,69	89,49	97,14	96,29
6	102,95	102,66	103,30	89,20	90,62	98,55	102,95	102,66	103,30	89,20	90,62	98,55	97,88
7	104,19	103,67	104,49	90,46	91,95	99,80	104,19	103,67	104,49	90,46	91,95	99,80	99,09
8	105,34	104,82	105,52	91,55	92,67	100,74	105,34	104,82	105,52	91,55	92,67	100,74	100,10
9	106,55	105,88	106,34	92,58	93,33	101,66	106,55	105,88	106,34	92,58	93,33	101,66	101,06
10	107,41	106,67	107,07	93,21	94,24	102,54	107,41	106,67	107,07	93,21	94,24	102,54	101,86
15	111,06	109,88	109,97	96,05	96,70	106,27	111,06	109,88	109,97	96,05	96,70	106,27	104,99
20	113,48	111,74	111,82	98,13	98,52	108,49	113,48	111,74	111,82	98,13	98,52	108,49	107,03
25	115,02	113,23	113,27	99,63	100,11	110,05	115,02	113,23	113,27	99,63	100,11	110,05	108,55
30	116,39	114,47	114,37	100,59	100,96	111,18	116,39	114,47	114,37	100,59	100,96	111,18	109,66
35	117,63	115,47	115,22	101,65	101,71	111,99	117,63	115,47	115,22	101,65	101,71	111,99	110,61
40	118,47	116,45	115,89	102,83	102,47	112,80	118,47	116,45	115,89	102,83	102,47	112,80	111,49
45	119,46	117,14	116,60	103,41	103,27	113,54	119,46	117,14	116,60	103,41	103,27	113,54	112,24
50	120,08	117,79	117,22	103,94	103,81	114,67	120,08	117,79	117,22	103,94	103,81	114,67	112,92
55	120,83	118,53	117,97	104,71	104,44	115,24	120,83	118,53	117,97	104,71	104,44	115,24	113,62
60	121,36	119,32	118,56	105,43	105,01	115,95	121,36	119,32	118,56	105,43	105,01	115,95	114,27
120	125,51	122,85	121,40	108,47	107,95	119,35	125,51	122,85	121,40	108,47	107,95	119,35	117,59
180	127,87	124,77	123,06	110,29	109,68	122,18	127,87	124,77	123,06	110,29	109,68	122,18	119,64
240	129,48	126,06	124,39	111,48	110,81	123,86	129,48	126,06	124,39	111,48	110,81	123,86	121,01
300	130,40	127,16	125,13	112,33	111,89	125,05	130,40	127,16	125,13	112,33	111,89	125,05	122,00

45°C/75%	Øα [°]												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	65,64	66,17	65,26	54,78	60,80	61,86	65,64	66,17	65,26	54,78	60,80	61,86	62,12
2	76,09	74,03	75,47	64,79	69,65	71,00	76,09	74,03	75,47	64,79	69,65	71,00	71,45
3	80,13	77,60	79,74	68,45	73,22	75,06	80,13	77,60	79,74	68,45	73,22	75,06	75,30
4	83,06	79,88	82,15	70,68	75,37	77,61	83,06	79,88	82,15	70,68	75,37	77,61	77,68
5	85,10	81,59	84,00	72,49	77,11	79,60	85,10	81,59	84,00	72,49	77,11	79,60	79,52
6	86,88	82,78	85,41	73,70	78,62	80,95	86,88	82,78	85,41	73,70	78,62	80,95	80,89
7	88,26	84,14	86,75	74,73	79,67	82,36	88,26	84,14	86,75	74,73	79,67	82,36	82,14
8	89,18	85,05	88,00	75,98	80,88	83,47	89,18	85,05	88,00	75,98	80,88	83,47	83,27
9	90,22	86,14	88,81	76,94	81,80	84,30	90,22	86,14	88,81	76,94	81,80	84,30	84,20
10	90,99	86,76	89,35	77,59	82,58	85,36	90,99	86,76	89,35	77,59	82,58	85,36	84,93
15	94,34	89,89	92,57	81,05	85,04	88,50	94,34	89,89	92,57	81,05	85,04	88,50	88,04
20	96,70	92,11	94,71	82,58	87,51	90,85	96,70	92,11	94,71	82,58	87,51	90,85	90,20
25	98,46	93,80	96,30	83,86	88,97	92,51	98,46	93,80	96,30	83,86	88,97	92,51	91,76
30	99,81	95,03	97,67	84,94	90,09	93,90	99,81	95,03	97,67	84,94	90,09	93,90	93,01
35	101,04	96,18	98,91	86,08	91,20	95,14	101,04	96,18	98,91	86,08	91,20	95,14	94,19
40	101,95	96,73	99,65	87,21	92,34	96,28	101,95	96,73	99,65	87,21	92,34	96,28	95,12
45	102,72	97,83	100,63	87,98	93,03	97,36	102,72	97,83	100,63	87,98	93,03	97,36	96,04
50	103,49	98,44	101,44	89,03	93,73	97,97	103,49	98,44	101,44	89,03	93,73	97,97	96,79
55	104,18	99,10	102,04	89,61	94,49	98,83	104,18	99,10	102,04	89,61	94,49	98,83	97,48
60	104,81	99,71	102,58	90,18	95,09	99,50	104,81	99,71	102,58	90,18	95,09	99,50	98,09
120	109,25	103,70	106,41	94,05	99,05	103,73	109,25	103,70	106,41	94,05	99,05	103,73	102,10
180	111,02	106,72	108,68	96,33	101,41	105,91	111,02	106,72	108,68	96,33	101,41	105,91	104,47
240	112,58	108,33	110,35	97,46	103,22	107,74	112,58	108,33	110,35	97,46	103,22	107,74	106,07
300	113,87	109,96	111,61	99,37	104,42	109,13	113,87	109,96	111,61	99,37	104,42	109,13	107,53

45°C/90%	Øα [°]												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	40,04	36,97	38,98	32,68	34,18	36,73	40,04	36,97	38,98	32,68	34,18	36,73	36,60
2	46,06	41,52	43,73	37,95	38,85	41,44	46,06	41,52	43,73	37,95	38,85	41,44	41,59
3	48,79	43,96	46,08	40,29	41,16	43,86	48,79	43,96	46,08	40,29	41,16	43,86	44,02
4	50,58	45,47	47,50	41,65	42,85	45,36	50,58	45,47	47,50	41,65	42,85	45,36	45,57
5	52,11	46,60	48,61	43,01	43,88	46,63	52,11	46,60	48,61	43,01	43,88	46,63	46,81
6	53,28	47,42	49,56	43,92	44,97	47,61	53,28	47,42	49,56	43,92	44,97	47,61	47,79
7	54,23	48,22	50,53	44,64	45,90	48,47	54,23	48,22	50,53	44,64	45,90	48,47	48,67
8	55,26	48,87	51,20	45,52	46,57	49,32	55,26	48,87	51,20	45,52	46,57	49,32	49,46
9	56,03	49,39	52,03	46,19	47,51	49,90	56,03	49,39	52,03	46,19	47,51	49,90	50,17
10	56,69	50,22	52,46	46,94	48,27	50,63	56,69	50,22	52,46	46,94	48,27	50,63	50,87
15	59,32	52,41	54,78	49,29	50,08	53,24	59,32	52,41	54,78	49,29	50,08	53,24	53,19
20	61,57	54,16	56,20	50,83	51,75	54,95	61,57	54,16	56,20	50,83	51,75	54,95	54,91
25	63,19	55,29	57,36	51,91	53,16	56,42	63,19	55,29	57,36	51,91	53,16	56,42	56,22
30	64,54	56,51	58,57	53,25	54,13	57,81	64,54	56,51	58,57	53,25	54,13	57,81	57,47
35	65,85	57,38	59,65	54,23	55,46	59,00	65,85	57,38	59,65	54,23	55,46	59,00	58,59
40	66,88	58,32	60,62	54,92	56,18	60,09	66,88	58,32	60,62	54,92	56,18	60,09	59,50
45	67,78	58,89	61,61	55,83	56,88	60,84	67,78	58,89	61,61	55,83	56,88	60,84	60,30
50	69,01	59,96	62,26	56,47	57,72	61,75	69,01	59,96	62,26	56,47	57,72	61,75	61,19
55	69,54	60,59	62,94	57,31	58,31	62,52	69,54	60,59	62,94	57,31	58,31	62,52	61,87
60	70,26	61,27	63,56	57,91	59,07	63,35	70,26	61,27	63,56	57,91	59,07	63,35	62,57
120	76,82	66,37	68,67	61,91	64,49	69,65	76,82	66,37	68,67	61,91	64,49	69,65	67,99
180	80,50	69,61	71,69	65,14	67,81	73,16	80,50	69,61	71,69	65,14	67,81	73,16	71,32
240	83,25	72,36	74,02	67,26	70,41	75,73	83,25	72,36	74,02	67,26	70,41	75,73	73,84
300	85,60	74,21	75,74	69,11	72,48	77,87	85,60	74,21	75,74	69,11	72,48	77,87	75,83

Příloha 3: Hmotnostní přírůstek

hmotnost	m ₀ [g]	m ₁ [g]	r [%]	m ₀ [g]	m ₁ [g]	r [%]	m ₀ [g]	m ₁ [g]	r [%]
podmínky	20°C 60%	25°C 65%		20°C 60%	25°C 75%		20°C 60%	25°C 90%	
průměr	0,16	0,16	0,03	0,16	0,16	1,63	0,16	0,17	6,17
hmotnost	m ₀ [g]	m ₁ [g]	r [%]	m ₀ [g]	m ₁ [g]	r [%]	m ₀ [g]	m ₁ [g]	r [%]
podmínky	20°C 60%	32°C 65%		20°C 60%	32°C 75%		20°C 60%	32°C 90%	
průměr	0,16	0,16	-0,17	0,16	0,16	0,96	0,16	0,17	4,41
hmotnost	m ₀ [g]	m ₁ [g]	r [%]	m ₀ [g]	m ₁ [g]	r [%]	m ₀ [g]	m ₁ [g]	r [%]
podmínky	20°C 60%	36°C 65%		20°C 60%	36°C 75%		20°C 60%	36°C 90%	
průměr	0,16	0,16	-0,06	0,16	0,16	0,99	0,16	0,17	5,64
hmotnost	m ₀ [g]	m ₁ [g]	r [%]	m ₀ [g]	m ₁ [g]	r [%]	m ₀ [g]	m ₁ [g]	r [%]
podmínky	20°C 60%	45°C 65%		20°C 60%	45°C 75%		20°C 60%	45°C 90%	
průměr	0,16	0,16	-0,55	0,16	0,16	0,54	0,16	0,16	4,42

Příloha 4: Statistické vyhodnocení úhlu zotavení v 300s

M2	α 300 [°]											
teplota [°C]	25	25	25	32	32	32	36	36	36	45	45	45
vlhkost [%]	65	75	90	65	75	90	65	75	90	65	75	90
0°	118,09	110,31	91,57	128,44	122,4	84,45	126,44	112,973	80,06	129,4	115,19	83,56
	121,22	105,05	85,913	130,83	115,46	94,94	127,43	116,96	95,56	137,35	114,28	86,26
	124,68	111,5	90,73	120,59	119,34	82,54	124,43	110,86	82,55	127,16	110,27	84,01
30°	124,65	113,7	71,56	112,9	115,05	68,82	120,02	107,09	67,33	122,2	105,32	78,38
	127,03	118,83	75,1	134,53	118,918	79,53	121,19	112,13	77,75	139,35	115,43	75,42
	128,77	113,31	68,78	128,3	120,11	70,62	125,02	113,905	70,5	128,74	113,03	66,06
60°	129,14	103,6	55,53	111,08	101,4	70,11	120,01	107,11	72,11	131,2	114,68	73,50
	115,07	103,47	70,03	121,44	112,64	84,61	122,48	104,33	83,46	124,06	110,72	80,27
	119,19	95,36	67,8	121,36	110,36	73,96	125	107,21	77,76	121,81	115,63	83,09
90°	101,5	85,67	76,45	111,28	108,86	68,54	106,53	94,85	68,06	108,66	96,09	72,02
	107,63	88,22	62,06	102,38	100,07	65,75	109,89	100,49	65,32	114,06	111,01	85,63
	102,56	90,78	63,42	106,76	90,21	63,07	112,86	86,27	57,45	116,06	96,40	57,98
120°	116,8	93,53	73,66	116,21	98,919	65,29	118,01	101,19	63,23	103,14	105,89	69,90
	115,46	104,23	57,64	115,2	106,33	64,89	114,72	97,28	63,42	121,64	107,28	75,18
	114,15	92,71	55,46	107,15	105,952	63,04	112,75	87,11	63,42	115,6	105,95	75,30
150°	125,53	96,67	70,86	119,44	110,8	78,68	127,85	98,36	78,53	134,34	102,73	75,81
	124,04	98,87	77,87	117,53	109,86	71,56	123,33	94,79	69,8	118,62	117,96	90,52
	119,73	106,71	67,16	121,59	108,916	72,71	126,78	100,09	71,903	124,19	113,38	67,98
180°	119,31	101,17	84,911	117,962	115,07	84,87	124,27	110,14	81,27	129,44	110,65	88,22
	119,52	111,01	90	113,4	114,11	78,68	125,27	117,77	78,81	134,48	114,75	87,21
	119,62	105,46	83,931	123,76	110,12	87,01	123,7	112,47	85,5	124,56	118,05	84,35
210°	112,4	106,49	65,16	119,33	106,08	67,56	118,91	103,62	66,53	124,47	108,59	75,12

	128,79	104,938	68,969	114,78	108,68	72,98	114,75	103,4	73,48	142,26	105,61	74,25
	117,11	99,23	61,19	111,06	114,29	77,49	125,59	104,21	74,55	105,92	111,76	76,02
240°	114,72	92,76	62,04	117,21	102,75	69,44	115,13	104,67	66,53	127,939	110,56	66,26
	110,03	97,58	63,24	124,6	113,65	68,10	123,81	99,67	64,49	123,43	110,19	78,04
	110,26	100,14	56,55	120,1	107,957	65,88	118,927	104,52	66,48	122,37	107,91	73,29
270°	103,58	90,6	65,88	104,04	90,99971	61,16	109,7	93,68	58,901	119,29	85,47	57,91
	108,19	89,53	42,66	97,13	97,8	64,35	106,43	88,57	62,932	105,87	105,82	74,05
	101,48	82,41	64,22	100,05	93,987	60,15	102,43	95,58	54,82	110,06	101,40	67,09
300°	116,58	87,28	68,03	117,72	107,11	59,96	114,02	93,52	59,5	111,948	100,07	70,81
	111,46	90,9	60,89	106,6	91,38	63,96	101,37	91,24	65,25	115,29	112,56	69,17
	101,31	92,59	63,42	99,8	90,21	61,87	103,68	94,62	62,6	103,75	94,77	74,49
330°	118,08	89,75	74,58	113,08	108,14	74,25	118,08	102,74	78,29	128,34	98,45	78,68
	115,46	96,78	69,7	117,43	107,18	76,55	112,19	104,75	74,77	118,45	115,46	84,83
	117,61	100,25	72,6	112	105,19	65,70	115,74	98,31	65,44	126,38	106,77	69,39
x [°]	116,13	99,21	69,43	115,47	107,23	71,75	117,74	102,12	70,79	122,00	108,06	75,83
s ² [°]	63,96	80,20	118,32	77,83	74,99	74,77	57,67	67,80	81,23	99,58	54,08	63,48
s [°]	8,00	8,96	10,88	8,82	8,66	8,65	7,59	8,23	9,01	9,98	7,35	7,97
IS [°]	2,61	2,93	3,55	2,88	2,83	2,82	2,48	2,69	2,94	3,26	2,40	2,60
v [%]	6,89	9,03	15,67	7,64	8,08	12,05	6,45	8,06	12,73	8,18	6,81	10,51